DIBUJO INDUSTRIAL

A. CHEVALIER

LIMUSA
NORIEGA EDITORES

DIBUJO INDUSTRIAL

A. CHEVALIER

Traducción de:
Mariano Domingo Padrol
Ingeniero Industrial. Profesor de la
Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Industriales de Barcelona

MÉXICO • España • Venezuela • Colombia

Chevalier, A.
Dibujo industrial = Guide du dissenateur industriel / A. Chevalier. -- México : Limusa, 2005.
320 p. : il. ; 18 cm.
ISBN: 968-18-3948-X.
Rústica.
1. Diseño industrial
I. Padrol, Mariano Domingo, tr.

LC: TS171.4 Dewey: 604.2 – dc21

VERSIÓN AUTORIZADA EN ESPAÑOL DE LA OBRA PUBLICADA EN FRANCÉS CON EL TÍTULO:
GUIDE DU DISSENATEUR INDUSTRIEL
© LIBRAIRE HACHETTE, PARÍS, FRANCIA.

GRUPO NORIEGA EDITORES
BALDERAS 95, MÉXICO, D.F.
C.P. 06040
5130 0700
01(800) 706 9100
5512 2903
limusa@noriega.com.mx
www.noriega.com.mx

CANIEM NÚM. 121

HECHO EN MÉXICO
ISBN 968-18-3948-X
12.1

Prefacio

Este libro está destinado a todos aquellos que tienen que conocer y utilizar el dibujo técnico, tanto si se hallan en período de formación como si ya lo ejercen profesionalmente.
Al redactar esta obra, no nos hemos propuesto únicamente reunir una documentación útil. Aunque la misma se encuentra a lo largo de estas páginas, hemos querido además que sea suficiente y presentada con claridad. Pero lo cierto es que se trata más bien de una Guía, *y no simplemente de una* Agenda. *Nuestro propósito es que quienes utilicen esta obra sean conducidos poco a poco hacia lo que es verdaderamente esencial: una buena comprensión de este lenguaje común a todos los técnicos que es el dibujo industrial, y una buena utilización de este lenguaje. Ello explica, por ejemplo, nuestro cuidado en adoptar sólo progresivamente las fórmulas y los símbolos particulares del oficio de dibujante, fórmulas y símbolos de los cuales el principiante no puede penetrar sin dificultad el sentido exacto. Ello explica igualmente que nos haya parecido necesario justificar, hasta donde es posible, las convenciones o principios de construcción. Ello explica, en fin, nuestro esfuerzo para ligar de la manera más coherente el texto y los dibujos que lo aclaran.*
Naturalmente, se encuentran en esta guía las principales dimensiones de los elementos de construcción corrientemente utilizados. Se entiende, sin embargo, que los extractos de normas oficiales o los extractos de catálogos de fabricantes no bastarían, en la vida profesional, para reemplazar los documentos originales, a los cuales conviene referirse.
Este DIBUJO INDUSTRIAL *debe mucho a numerosas personas, y de modo especial a la amistad, los estímulos y los consejos de:*
–M. Folinais, Director de Instituto técnico,
–M. Chevasson, Profesor de Construcciones mecánicas,
–M. Garnier, Ingeniero, Jefe de Oficina de estudios.
Pero no podemos olvidar, tampoco, a nuestros colegas, a nuestros alumnos, a los dibujantes industriales, a los técnicos de taller, que nos han prestado una ayuda inestimable. A todos ellos, nos complace expresar aquí nuestro sincero reconocimiento.
Si bien hemos puesto todo nuestro cuidado en la realización de este libro, somos conscientes de que toda obra es perfectible. Deseamos vivamente entrar en contacto con quienes la utilicen. Anticipadamente, damos las gracias a todos aquellos que tengan a bien comunicarnos sus observaciones y sus sugerencias. Mientras tanto, esperamos que esta obra, para la que hemos querido una presentación verdaderamente digna de aquellos a quienes va destinada, pueda ser desde luego un compañero de trabajo eficaz y agradable.

A. CHEVALIER

Índice de materias

Reglas del dibujo técnico

1. El dibujo técnico 6
2. Generalidades sobre la normalización 8
3. Rotulación 10
4. Presentación de los dibujos 12
5. Líneas 15
6. Proyección ortogonal. Escalas 16
7. Secciones y cortes 19
8. Rayados 23
9. Reglas prácticas para la ejecución de dibujos 24
10. Perspectivas 26
11. Vocabulario técnico de las formas de una pieza 32

Acotación

12. La acotación en la práctica 34
13. Medidas lineales nominales 40
14. Tolerancias dimensionales 41
15. Indicación de las tolerancias dimensionales 46
16. Indicación de los estados superficiales ... 48
17. Tolerancias de forma y de posición 56
18. Principios básicos de acotación 61
19. Acotación funcional 63
20. Acotación de ángulos 74
21. Comentarios sobre la acotación funcional .. 80
22. Condición de máximo material 81
23. La fabricación y la acotación funcional ... 85

Órganos mecánicos

24. Influencia de la dilatación 87
25. El isostatismo 88
26. Construcción moldeada 91
27. Uniones soldadas 97
28. Uniones remachadas 105
29. Uniones pegadas 110
30. Roscas 112
31. Tornillos de fijación 120
32. Tuercas 129
33. Tornillos y espigas metálicas 136
34. Arandelas de apoyo 141
35. Pasadores 143
36. Fijación de tornillos y tuercas 148
37. Materiales para tornillería y sus accesorios 154
38. Chavetas 155
39. Articulaciones 164
40. Rodamientos 169
41. Lubricación de rodamientos 198
42. Engrasadores y mirillas 201
43. Protección de los cojinetes 203
44. Retenes 205
45. Anillos elásticos 213
46. Resortes 215
47. Engranajes 218
48. Cadenas de precisión a rodillos 227
49. Poleas y correas 228
50. Redondos, biseles y entalladuras 232
51. Accesorios para máquinas herramientas ... 233
52. Casquillos guía para taladrar 239

Símbolos

53. Sentidos de maniobra y símbolos para máquinas herramientas 241
54. Símbolos principales para esquemas eléctricos 243
55. Símbolos para aparatos neumáticos e hidráulicos 246

Materiales empleados en las construcciones mecánicas

56. Designación de metales y aleaciones 251
57. Principales materias plásticas 255
58. Principales formas y dimensiones de los materiales 256
59. Tratamientos y acabados superficiales 259

Construcciones geométricas

60. Construcciones fundamentales usuales 260
61. Enlaces 267
62. Curvas más usuales 269
63. Polígonos 274

Geometría descriptiva

64. Nociones fundamentales de geometría descriptiva 276
65. Representación de los cuerpos geométricos usuales 287
66. Procedimientos de transformación 292
67. Aplicaciones de los procedimientos de transformación 299
68. Intersección de dos superficies 307

Informaciones diversas

69. Alfabeto griego 315
70. Principales unidades del sistema internacional SI 315
71. Densidades 315
72. Conversión de la dureza y de la resistencia a la tracción 316
73. Radios de plegado 317
74. Pares de apriete 317
75. Tablas de las líneas trigonométricas naturales 318
76. Léxico 320

Índice alfabético

Acabado superficial, 49, 259
Acanaladuras, 159
Acotación de ángulos, 74
Acotación funcional, 63
Acotación (ejecución gráfica), 34
Agujeros pasantes, 127
Ajustes, 42
Aleaciones (designación), 251
Alfabeto griego, 315
Anillos elásticos, 213
Arandelas belleville, 217
Arandelas de apoyo, 141
Arandelas dentadas, 151
Arandelas grower, 150
Arandelas Z, 203
Aristas ficticias, 291
Articulaciones, 164
Artiblocs, 165
Avellanado cilíndrico, 127

Bolas de baquelita, 236

Cadenas de rodillos, 227
Cajetín, 13
Cardans, 168
Casquillos guía de taladrar, 239
Circlips, 213
Coeficientes de dilatación, 87
Cojinetes axiales, 173-175
Colores de seguridad, 242
Condiciones de suministro de los metales y aleaciones, 254
Conicidades, 76
Conos de acoplamiento, 233
Construcciones encoladas, 110
Construcciones gráficas, 240
Construcciones moldeadas, 91
Construcciones remachadas, 105
Construcciones soldadas, 97
Construcciones usuales, 260
Contorno eliminado por mecanizado, 15
Conversión de unidades, 316
Correas, 228
Cortes, 20
Curvas, 269

Chaflanes, molduras cóncavas, 232
Chavetas, 155

Deflector «Z», 203
Densidades, 315
Designación de los metales, 251
Desviaciones normalizadas, 44-45
Dilatación, 87
Dimensiones de los materiales, 256
Dimensiones lineales, 40
Disposición de las vistas, 16

Ejes acanalados, 159
Ejes estriados, 161
Electricidad (símbolos), 244
Elipse, 269
Empalmes para tubería, 211
Empuñaduras, 235
Engranajes, 218
Engradadores, 201
Enlaces, 267
Equivalencias entre la dureza y la resistencia a la tracción, 316
Escalas, 18
Espigas, 140
Estanqueidad, 205
Estrías radiales, 162
Estriados, 161
Evolvente de círculo, 273

Formatos, 12

Garganta de salida, 232
Geometría descriptiva, 276
Grifería (símbolos), 246

Hélice, 272
Hiperbola, 270

Inclinación, 75
Inmovilización de tornillos y tuercas, 148
Inscripción de las tolerancias, 46
Intersecciones, 307
Isostatismo, 88
IT (cuadro), 43

Juntas de cardan, 168
Juntas estancas, 205
Juntas oldham, 167

Léxico, 303
Líneas, 15
Líneas trigonométricas naturales, 318
Llaves tuercas, 128
Longitud de los roscados, 127
Lubricación de rodamientos, 198

Manivela de bloqueo, 134
Manivelas, 235
Material del dibujante, 7
Material para la tornillería, 154
Materiales (dimensiones), 256
Materias plásticas, 255
Máximo material, 81
Metales (designaciones), 251
Mirillas, 202
Modificaciones, 13
Moldeo, 91
Muelles, 215

Nomenclatura, 14
Normalización, 8
Normas prácticas, 24

Números normales, 40

Oldhan (junta), 167

Palancas de maniobra, 134
Parábola, 271
Pares de apriete, 317
Pasadores, 143
Patín de bloqueo, 126
Pendiente, 75
Perfiles, 256
Perfiles de rosca, 112
Pernos, 136
Perspectivas, 26
Pitón de centraje, 145
Pie de rotula, 126
Poleas, 228
Polígonos, 274
Principios de acotación, 61
Procedimientos de obtención y condiciones de entrega, 254
Procedimientos de transformación, 292
Profesión, 7
Protección de los rodamientos, 203
Punto para mecanizado, 235
Pomo de fijación, 133

Radios de doblado, 317
Ranuras en T, 234
Rayados, 23
Remaches, 105
Representación ortogonal, 16
Rodamientos, 169
Roscados, 112
Rotulado, 10
Rótulas, 166
Rugosidad, 49

Secciones, 19
Sentido de maniobra de los elementos de accionamiento, 241
Signos de mecanizado, 53
Silentblocs
Símbolos:
– para aparatos hidroneumáticos, 247
– cadenas cinemáticas, 225
– para máquinas herramientas, 241
– para grifería, 246
– para esquemas eléctricos, 244
– de seguridad,
Sobrepesores para mecanizado, 54
Soldadura, 97
Sólidos geométricos, 287
Superficies con tratamiento parcial, 38

Tabla de equivalencias entre la dureza y la resistencia a la tracción, 316
Tablas trigonométricas, 318
Tolerancias compatibles con los procedimientos de obtención, 48
Tolerancias de forma y de posición, 56
Tolerancias dimensionales, 41
Tolerancias fundamentales IT, 43
Tolerancias (inscripción), 46
Tornillos con patín, 126
Tornillos de bloqueo, 126
Tornillos de montaje, 120
Tornillos de presión, 124
Transfert de cotas, 86
Tratamiento superficial parcial, 38
Tubos, 257-258
Tuercas, 129
Tuercas apretadas a mano, 131
Tuercas inmovilizadas, 148

Unidades SI,
Uniones entre dos sólidos, 225

Vaciados, 127
Vocabulario técnico, 32
Volantes, 236-238

1 El dibujo técnico

1■1 Utilidad

El dibujo técnico es el medio de expresión indispensable y universal de todos los técnicos.

Él hace posible transmitir a todos los servicios de producción la concepción técnica y los condicionantes de fabricación que lleva implícitos. Es por ello que este lenguaje convencional está sujeto a unas reglas definidas por la normalización (ver capítulo 2) que evitan todo error de interpretación.

De esta forma es posible estudiar, representar y construir todo tipo de piezas técnicas.

1■2 Denominación de los distintos dibujos

1■21 Dibujos de diseño

Estos dibujos se realizan en la oficina de estudios. Su elaboración pasa por distintas fases, primero se hacen croquis después anteproyectos y finalmente proyectos.

■ El **CROQUIS** es un dibujo rápido limitado a los elementos esenciales de un mecanismo con el objeto de presentar la idea de conjunto y de explicar su funcionamiento.

■ El **ANTEPROYECTO** presenta, de forma más detallada, el diseño de los principales elementos que componen el mecanismo. Ello permite seleccionar una solución entre los diversos anteproyectos y conseguir los acuerdos necesarios para proseguir los estudios.

■ El **PROYECTO**, que sale del anteproyecto seleccionado, define por completo el conjunto de un **mecanismo.** Ello permite la confección de los dibujos del producto acabado.

■ El conjunto de proyectos permite establecer el **PLANO DE CONJUNTO** de un **producto.** De todas formas, este plano se confecciona, la mayor parte de las veces, a partir de los dibujos del producto acabado y en este caso se le denomina **PLANO DE CONJUNTO RECONSTRUIDO.**

OBSERVACIÓN:
Si por alguna razón (ahorro de tiempo particularmente) no se hace el plano de conjunto reconstruído es aconsejable siempre efectuar, a partir de los dibujos del producto acabado un dibujo de conjunto **a título de comprobación.**

1■22 Dibujo del producto acabado

A partir del proyecto, se efectúa para cada pieza un dibujo del producto acabado. Es el dibujo que fija cómo debe ser cada pieza una vez terminada. **Una pieza sólo debe ser controlada en base a su dibujo de producto acabado.**

1■23 Dibujo de fabricación

Se efectúan por las oficinas de método con destino a los talleres. Se tiene en cuenta al hacerlos los procedimientos de fabricación elegidos.

OBSERVACIONES:
Dichos planos no se pueden emplear para recepcionar una pieza.

Si el número de piezas a fabricar es reducido, por razones de economía, no se hacen dibujos de fabricación. Se trabaja en este caso solamente con los dibujos de producto acabado.

1 ■ 3 Material del delineante

A continuación damos la relación mínima del material necesario para la mayoría de exámenes de dibujo técnico. Suponemos que el centro no dispone de mesas de dibujo.

RELACIÓN MÍNIMA DEL MATERIAL	
Tablero de dibujo (formato mínimo 450 × 600) Portaminas (por lo menos dos) Minas (H, 2H, 3H, 5H) Goma para lápiz y goma para tinta Afilalápices Rascador Regla T (de la misma longitud que el tablero) Escuadra de 60° (bastante grande) Escuadra de 45° Triple decímetro Transportador de ángulos Estuche de compases (de buena calidad)	Plumas de paleta: 0,25; 0,75; 1 Mangos para pluma (uno para cada pluma) Tinta china negra Tinta china de colores (si se prevé su utilización) Papel adhesivo Un trapo Papel secante Papel de dibujo (200 gr/m²) o papel vegetal (90 gr/m²) si no se suministra
Consejos: Adquirir el material de buena calidad. Mantenerlo meticulosamente.	

1 ■ 4 La profesión

Los delineantes se distribuyen en un número considerable de especialidades. Se distinguen por ejemplo: los delineantes de construcciones mecánicas, los de utillaje, los de calderería y tuberías industriales, etc. Dentro de cada especialidad existe una gradación muy importante (ver por ejemplo, el cuadro inferior extraído de los convenios colectivos de las industrias mecánicas, metalúrgicas y afines de la región parisiense).

CALCADOR: Calca con precisión a tinta o a lápiz, dibujos, líneas, letras y números bien dibujados. No comete errores de copia.

DELINEANTE DE DESPIECE: A partir de dibujos de conjunto efectúa los dibujos acotados de las distintas piezas que forman dichos conjuntos.

DELINEANTE DE MÉTODOS: Efectúa el mismo trabajo que un delineante de despiece, pero conoce además las posibilidades de fabricación.

DELINEANTE DE PEQUEÑOS ESTUDIOS: Puede llevar a término un proyecto sencillo. Es capaz de efectuar una modificación, para mejorar una pieza ya fabricada.

DELINEANTE DE ESTUDIOS PRIMER GRADO: Efectúa estudios de piezas o de aparatos que forman parte de proyectos de conjuntos. Conoce suficientemente el moldeo, la forja, el mecanizado y el montaje de piezas. Aplica fórmulas simples de resistencia de materiales.

DELINEANTE DE ESTUDIOS SEGUNDO GRADO: Hace el mismo trabajo que un delineante proyectista de primer grado, pero efectúa los cálculos de resistencia de materiales que afecten al estudio (más o menos los del diploma profesional de delineante).

DELINEANTE PROYECTISTA (O PRINCIPAL) PRIMER GRADO: Está capacitado para estudiar él sólo un proyecto bastante importante.

DELINEANTE JEFE DE EQUIPO: Es un delineante proyectista que está, además, encargado de coordinar los trabajos de varios delineantes.

2 Generalidades sobre la normalización

2■1 Algunas definiciones

NORMA:
Una norma es una hoja o fascículo en la que se consignan esencialmente las reglas técnicas relativas al dibujo, a la designación y al control de productos industriales. Las normas están difundidas por la AFNOR y ocasionalmente por las oficinas de normalización.

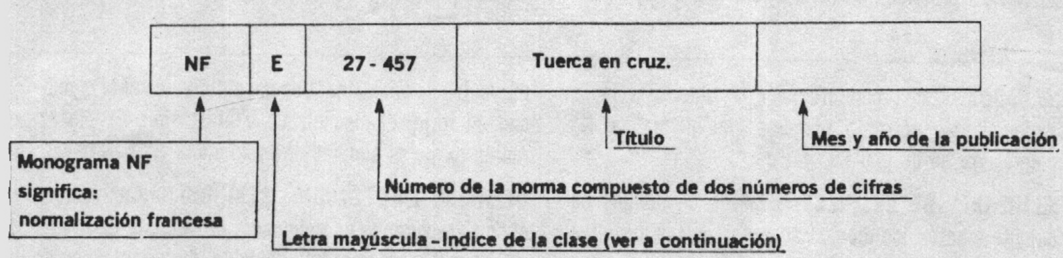
AFNOR: Association francaise de normalisation, Tour «Europe», 92-Courbevoie. Teléfono: París (1) 788-11-11. Todas las normas francesas y, eventualmente bajo ciertas condiciones, todas las normas extranjeras pueden adquirirse en la misma.

OFICINA DE NORMALIZACIÓN:
Cada oficina de normalización se ocupa de un sector profesional determinado y colabora con la AFNOR en la elaboración de las normas oficiales. Ejemplos: Oficina de la aeronáutica y del espacio (BNAé).
Oficina de las normas del automóvil (BNA).
Comité de normalización de la mecánica y de la transformación de metales (CNM).
ISO (Internacional Organisation for Standarization).
Los trabajos de normalización internacional son dirigidos por la Organización internacional de normalización.

2■2 Creación de una norma

1 ª etapa: trabajos técnicos preparatorios
2 ª etapa: preparación de un proyecto de norma
3 ª etapa: encuesta pública de la AFNOR y puesta a punto del texto definitivo.
4 ª etapa: homologación de normalización y firma del ministro correspondiente.
5 ª etapa: impresión, difusión, aplicación y evolución de la norma.

2■3 Identificación de una norma



A metalurgia
B vidrio, refractarias, madera...
C electricidad
E mecánica
F ferrocarriles
G textiles y cueros
J construcción naval
H embalajes y transportes
L aeronáutica
P construcción e ingeniería civil,
Q papeles y cartones
R coches, motos, ciclos
S industrias particulares
T industrias químicas
X normas fundamentales
Z administración comercio

Un documento de normalización puede ser:

1º Una norma francesa homologada por decreto ministerial.

2º Una norma francesa registrada por decisión del comisario de normalización.

3º Una hoja o fascículo de documentación cuando su carácter informativo o descriptivo le convierte en algo normativo. Este documento se publica por decisión del director general de l'AFNOR.

4º Determinadas normas pueden ser impresas y puestas en venta a título experimental. En este caso, el monograma NF se suprime.

OBSERVACIONES:

Cuando una norma sufre una modificación, conserva el mismo número. Sólo se cambia la fecha. Es evidente que la norma que lleva la última fecha, es la única válida.

2.4 Papel de la normalización

La normalización desempeña en la economía un papel esencial, tanto en el aspecto productivo (aumento de la productividad, disminución del coste de fabricación, etc.) como en lo que afecta a la utilización (intercambiabilidad asegurada, calidad constante, reducción de los gastos de mantenimiento y de distribución, etc.).

Pero sobre todo es necesario tener presente que la normalización, y sólo ella, hace cada vez más que el dibujo sea el lenguaje común universal de los técnicos.

2.5 Papel del delineante en lo que se refiere a la normalización

Debido a la utilización que el delineante hace constantemente de la normalización, da vida a la misma y difunde sus beneficios. Su papel, en este campo es particularmente beneficioso. En compensación su tarea se ve muy aligerada y facilitada.

3 Rotulación NF E 04-105

3■1 Generalidades

Las formas, dimensiones y disposiciones de los caracteres utilizados en los dibujos técnicos están normalizados. El objeto de esta normalización es asegurar la legibilidad, homogeneidad y reproducción de los caracteres. Para rotular generalmente se utilizan, o plumillas de disco o estilográficas que se distinguen por el grueso **d** del trazo que permiten obtener.

Para ahorrar tiempo, la escritura, en los planos, se efectúa normalmente a mano alzada. Sin embargo, cuando un dibujo debe estar cuidadosamente presentado pueden emplearse, o plantillas o letras transferibles.
Los puntos siguientes indican las especificaciones principales.

3■2 Forma de los caracteres

La forma de los caracteres que siguen se ajustan a las condiciones señaladas anteriormente. Asegura además:

- La posibilidad de microcopiar correctamente los documentos.
- La eventual lectura de reproducciones, hasta un coeficiente de reducción lineal de 0,5 en relación con el documento original.

3■21 Escritura vertical

ABCDEFGHIJKLMNOPQR

STUVWXYZ ÉÀÏÎÇÛŒ

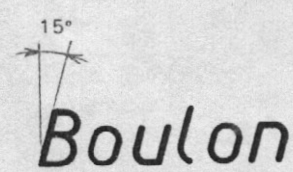
abcdefghijklmnopqrst

uvwxyz éàïîçûœ

1234567890 [(!?√%&)]

3■22 Escritura cursiva

En caso necesario los caracteres pueden inclinarse 15º hacia la derecha.
La forma de los caracteres es la misma que la de la escritura vertical.

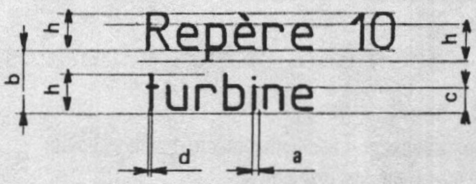


OBSERVACIONES:

- La I y la J mayúsculas no llevan punto.
- Si no puede haber confusión los acentos sobre las mayúsculas pueden omitirse.

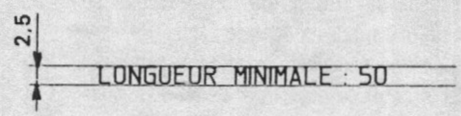
3.3 Medidas

Las características están en función de la altura **h** de las mayúsculas. Los valores se eligen entre los de la tabla que sigue.



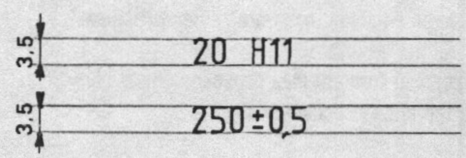
Ejemplo de designación de medidas, de una escritura, cuya altura **h** es de 4 mm.
Escritura 4, NF E 04-105

CARACTERÍSTICAS	DIMENSIÓN NOMINAL h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Altura de las mayúsculas (o cifras)	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Altura de las minúsculas sin trazos salientes	c ≈ 0,7 h	–	2,5	3,5	5	7	10	14
Altura de las minúsculas con trazos salientes	h	–	3,5	5	7	10	14	20
Anchura del trazo	d = 0,1 h	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Espacio entre caracteres	a = 0,2 h	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Interlínea mínima (recomendada)	b = 1,6 h	4	5,6	8	11,2	16	22,4	32
Las dimensiones son en milímetros								



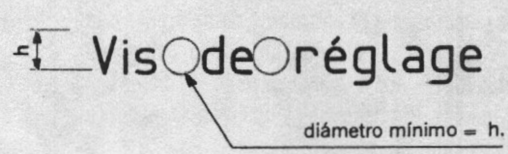
OBSERVACIÓN:
La altura **c** de las minúsculas no debe ser inferior a 2,5 mm. En consecuencia, un texto en escritura 2,5 no lleva minúsculas.

3.4 Disposiciones particulares



COTAS Y TOLERANCIAS
Se recomienda utilizar la escritura 3,5 para las cotas y las tolerancias.
De todas formas si falta espacio, se permite la utilización para las tolerancias cifras de la escritura 2,5.

ESPACIO ENTRE PALABRAS
Entre dos palabras consecutivas debe poderse colocar por lo menos una circunferencia de diámetro **h.**



CONSEJOS:
Para lograr un dibujo bien presentado y de fácil lectura es útil:

- Juntar uniformemente las letras.
- Espaciar correctamente las palabras.

4 Presentación de los dibujos

NF E 04-002 a NF E 04-004

Es necesario en la medida de lo posible esforzarse en unificar la presentación de los documentos técnicos (dibujos, informes, etc.) con el fin de facilitar el envío, la consulta, la clasificación y reducir su precio de coste.

4■1 Recomendaciones generales

1° DIBUJAR SOBRE VEGETAL
Es el medio de conseguir económicamente muchas copias y a la vez preservar los originales.

2° HACER UN PLANO POR CADA PIEZA
Es lo normal cuando se trata de establecer los dibujos de definición de las piezas que constituyen un conjunto. Ello permite, concretamente, una distribución racional del trabajo entre los servicios de fabricación.

Sin embargo, si se considera ventajoso, se pueden reunir varios dibujos en una misma hoja. Éste es el caso cuando se trata de una serie de dibujos que afectan a una fabricación unitaria (utillajes de mecanización, utillajes de verificación, prototipos, etc.).

3° UTILIZAR LOS FORMATOS NORMALIZADOS
Ver apartado siguiente.

4■2 Características

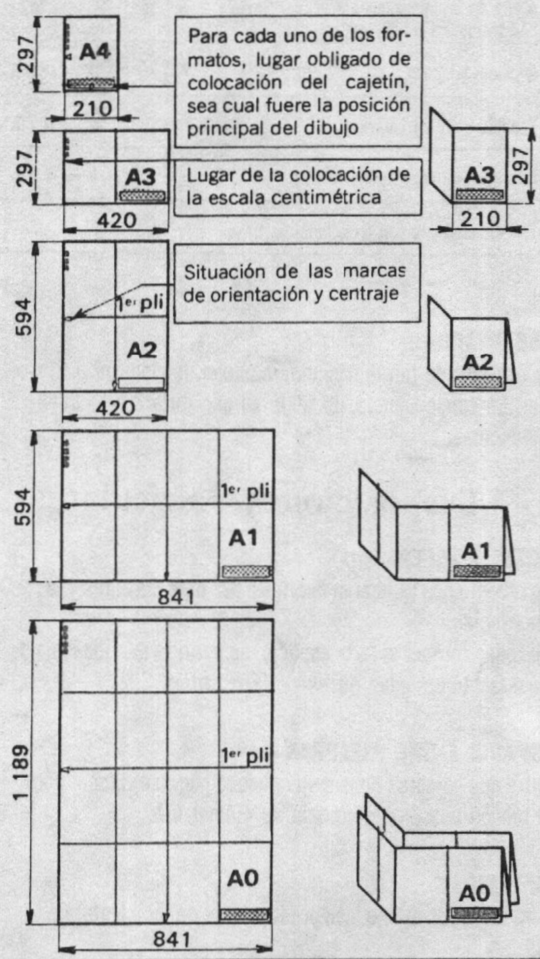
4■21 Formatos

Con objeto de facilitar el envío y la clasificación de documentos técnicos se adopta como **FORMATO DE PLEGADO:**
210 × **297** (medidas en milímetros).
Por ello, se recomienda utilizar los formatos que se indican al lado que permiten un doblado fácil.
Estos formatos se deducen unos de otros a partir del formato **A0** (leer A cero) de superficie 1 m², dividiendo cada vez por dos, el lado mayor.
La relación entre la longitud y la anchura es igual a $\sqrt{2}$.

OBSERVACIONES:
- Los formatos se emplean indistintamente verticales u horizontales.
- Conviene elegir el formato más pequeño compatible con la correcta lectura del documento.

4■22 Partes gráficas comunes

Los documentos industriales contienen partes gráficas comunes (ver fig. 1, pág. 13). Tienen por finalidad facilitar la microcopia y reproducción de los mismos (escala centimétrica, marcas de orientación y de centrado) o la localización rápida y precisa de un detalle del dibujo (coordenadas A1, B1, etc.). Cuando se realiza el dibujo una de las dos marcas de orientación y de centrado se dirige hacia el observador.

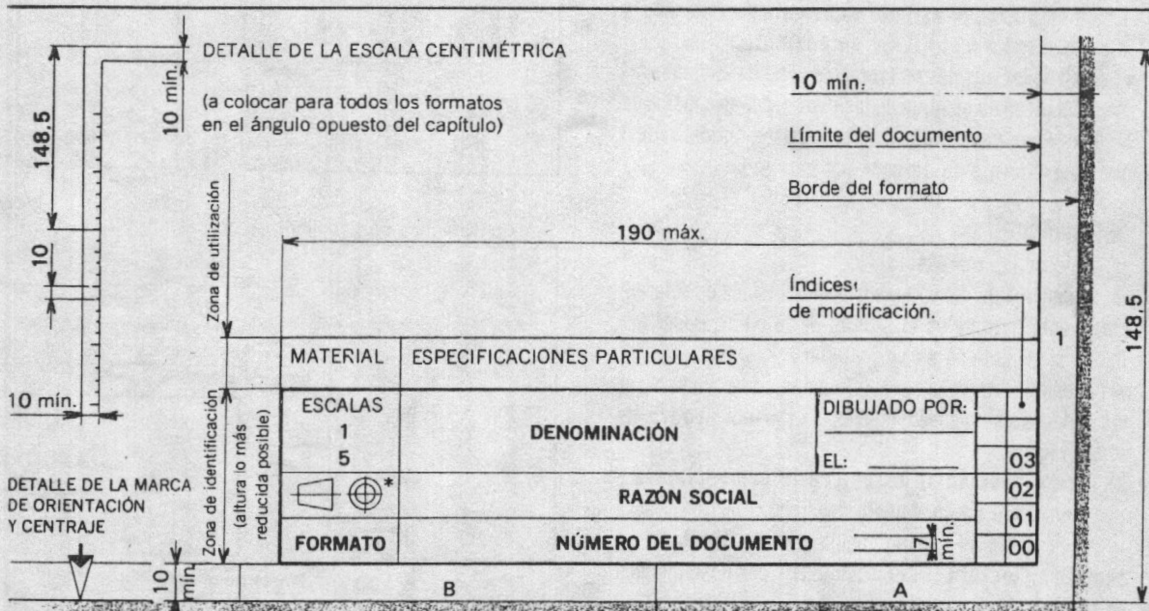


4■23 Casillero para rotulación

El casillero contiene las inscripciones necesarias y suficientes para la identificación y utilización del documento. La situación del mismo está indicada en las figuras de la página precedente. Esta posición no varía sea cual fuere el sentido de lectura del dibujo.

La figura que sigue indica una de las posiciones.

En la industria basta generalmente con rellenar los casilleros impresos de antemano sobre los vegetales.



(*) Método de disposición de las vistas(§ 6.1)

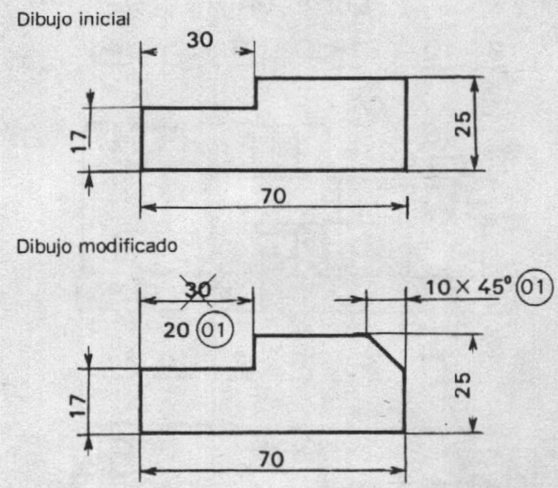
4■24 Índices de puesta al día

Se utilizan, cuando se decide (como consecuencia de ensayos por ejemplo) añadir modificaciones a una o varias piezas de un mecanismo.

> **En caso de modificación de una pieza el plano y la pieza cambian siempre de índice.**

Para modificaciones normales el plano de la pieza se conserva y se procede como se indica en la figura contigua. Si es necesario hacer el plano de nuevo, por tratarse de modificaciones bastante importantes, se asigna un nuevo índice al número del plano y se anota en la tabla de modificaciones «Plano modificado».

La **TABLA PUESTA AL DÍA** se coloca normalmente en la proximidad del casillero. Se empieza a rellenar por la parte inferior. Queda sin cerrar por la parte superior para el caso eventual de nuevas modificaciones suplementarias.



(01)	——	——	- La anchura del entalle pasa de 30 a 20 - Añadido chaflán 10 × 45°
ÍNDICE	FECHA	AUTOR	MODIFICACIONES

4■25 Nomenclatura

La nomenclatura es una lista completa de los elementos que constituyen un conjunto. Su relación con el dibujo está asegurada mediante referencias.

ESTABLECIMIENTO DE UNA NOMENCLATURA

1.º Se empieza por asignar un número de referencia a cada pieza en el dibujo de conjunto.

El orden de los mismos es creciente e indica aproximadamente el orden de montaje de las piezas, con excepción de algunas (ejes pasadores, resortes, piezas normalizadas) que generalmente se agrupan por categorías.

OBSERVACIONES:

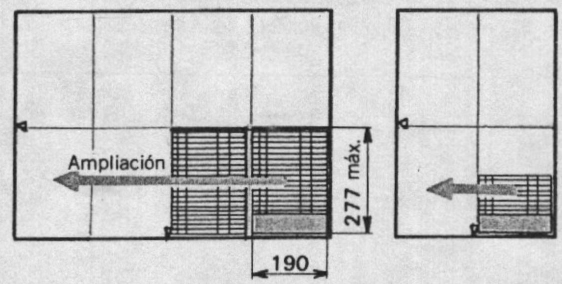
- Alinear las marcas.
- Dibujar un punto en el extremo de la línea de referencia si ésta termina en el interior de la pieza. Poner una flecha si se detiene en el contorno.
- Dejar a intervalos una referencia libre. Podrán ser utilizados si se añaden nuevas piezas con motivo de actualizaciones.

2º A continuación se establece la nomenclatura:

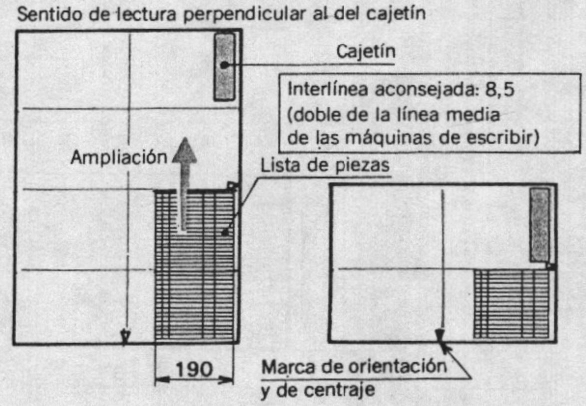
- bien sobre un documento separado.
- bien sobre el mismo dibujo **siendo también el sentido de lectura el del mismo.** Hay dos posibilidades de disposición.

EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE LA LISTA DE PIEZAS SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LOS FORMATOS

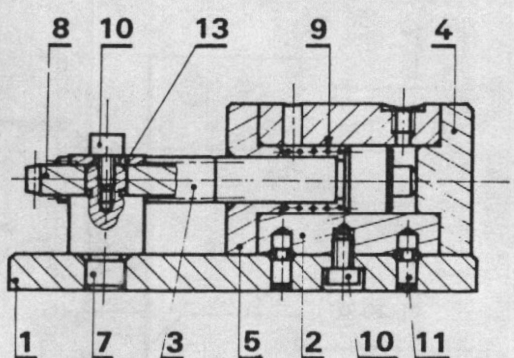
Sentido de lectura análogo al del cajetín

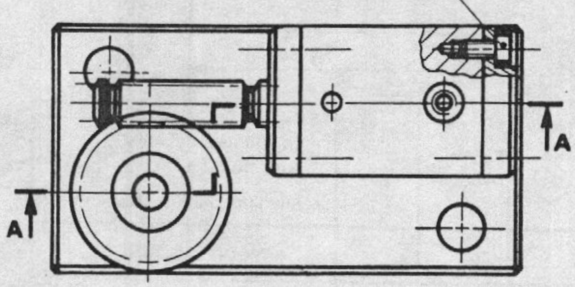


Sentido de lectura perpendicular al del cajetín



Corte A-A





Marca	Cat.	DENOMINACIÓN	MATERIAL	OBSERV.
13	1	Arandela Ø 20 Ø 6 esp. 2	E 24	sin plano
12				
11	2	Apoyo de centraje	XC 65 f	«stubs»
10	6	Tornillo CM 4 × 9/9	clase 5-8	
9	1	Resorte	XC 65 f	cuerda de piano
8	1	Rueda dentada	Nylon	
7	1	Eje	XC 32 f	
6				
5	1	Soporte	Nylon	
4	1	Tapa	Nylon	
3	1	Pistón	XC 32 f	
2	1	Cilindro	U-E9P	
1	1	Base	A-U4G	

ESCALA 0,5	UNIDAD DE GIRO, NEUMÁTICA	DIBUJADO POR ______ EL: ______
	RAZÓN SOCIAL	
A3	NÚMERO DE PLANO	oo

5 Líneas

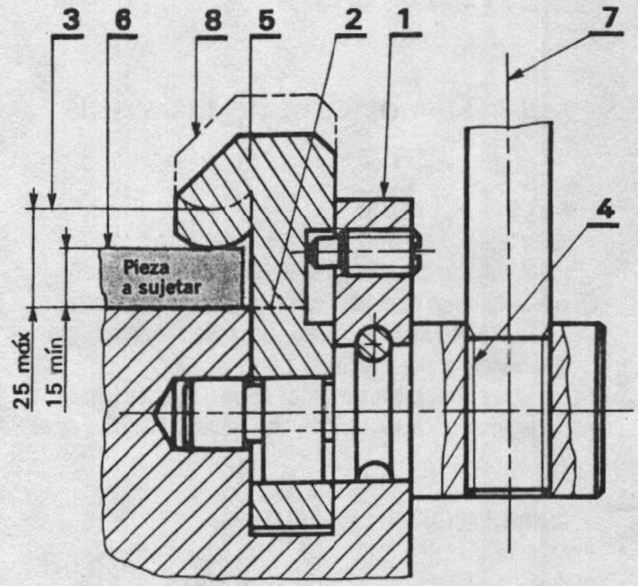
NF E 04-103

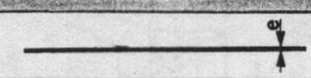
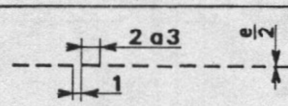
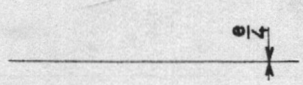
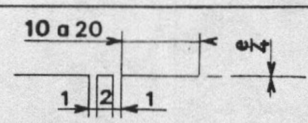
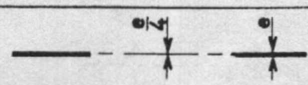
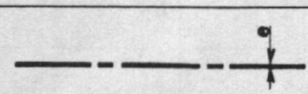
Para representar un dispositivo mecánico, se emplean un conjunto de líneas cada una de las cuales tiene una significación muy concreta.

OBSERVACIONES:

- La anchura **e** de la línea gruesa se elige de forma que permita la perfecta legibilidad de una reproducción heliográfica del dibujo.
En general se toma:
– para un dibujo a tinta **e** = 0,7 mm.
– para un dibujo a lápiz **e** = 0,5 mm.
- Mantener el grueso de las líneas uniforme para todas las vistas de un mismo dibujo.

MINAS A UTILIZAR	SOBRE PAPEL	SOBRE VEGETAL
Llena gruesa	H	2 H
Interrumpida media corta	H - 2 H	2 H - 3 H
Llena fina	4 H	5 H



EJECUCIÓN	CLASES DE LÍNEAS	EJEMPLOS DE APLICACIÓN	MARCA
	Llena gruesa	Contornos y aristas visibles	1
	Interrumpida media corta fina	Contornos y aristas no visibles Fondos de rosca ocultos (ver capítulo 30)	2
	Llena fina	Líneas de cota y de referencia Fondos de rosca vistos Rayados Contornos de piezas contiguas Contornos de secciones abatidas (ver capítulo 7) Contornos iniciales antes del mecanizado Aristas ficticias (ver capítulo 65) Construcciones geométricas	3 4 5 6
	Fina de trazos y puntos	Ejes y trazos de planos de simetría Posiciones extremas de piezas móviles Partes situadas delante de un plano de corte (ver § 7.258)	7 8
	Fina de trazos y puntos combinada por dos trazos gruesos	Trazos de planos de corte (ver capítulo 7)	
	Gruesa de trazos y puntos	Indicación de superficies antes de sufrir un tratamiento complementario (ver § 12.67)	

6 Representación ortogonal Escalas

NF E 04-101

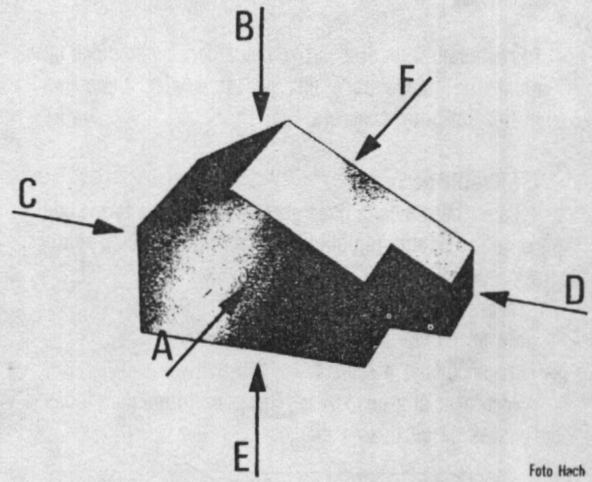


Foto Hach

6■1 Disposición de las vistas

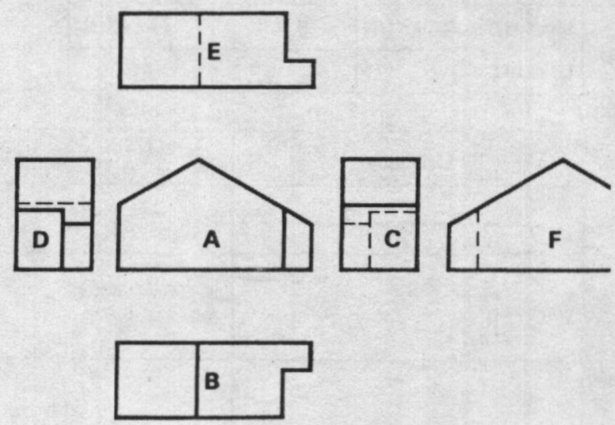
6■11 Ejemplo

Se trata de representar mediante varias vistas la pieza que se indica, cuya forma recuerda la de una pequeña granja. Elijamos de entrada una vista principal que llamaremos **VISTA FRONTAL.** Sea A dicha vista determinada observando la pieza según la flecha A.

Las otras direcciones usuales de observación forman con la primera y entre ellas ángulos de 90º o múltiplos de 90º.

DENOMINACIÓN DE LAS VISTAS:

A: Vista frontal
B: Vista superior
C: Vista lateral izquierda
D: Vista lateral derecha
E: Vista inferior
F: Vista posterior



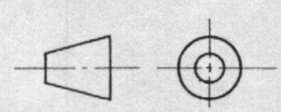
OBSERVACIONES:

■ **No se describe nunca el nombre de las vistas.** Éste viene determinado por la posición relativa de cada una de ellas.

■ En la práctica **una pieza debe quedar definida por completo y sin ambigüedad por el menor número posible de vistas.** Se eligen las más representativas y que impliquen el mínimo de partes ocultas. En nuestro caso son las vistas A, B y D (ver § 9.3).

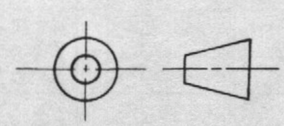
■ La disposición de las vistas de la pieza estudiada se ha hecho según el **método E** o **europeo.** Ello se hace resaltar por el símbolo contiguo situado al lado de la escala en el cajetín (§ 4.3).

Método E



■ **El método A** o **americano** se resalta por un símbolo inverso al anterior. En este método, en relación con la vista principal, la vista C se sitúa en lugar de la D y recíprocamente.

Método A



6■12 Realización práctica

Indíquenos cómo se procede en la práctica para representar la pieza estudiada.

1º REFLEXIONAR

■ **Analizar las funciones de la pieza.**
Es decir investigar los usos de la pieza y el papel de las distintas superficies elementales. Este trabajo requiere consultar el plano de conjunto al cual pertenece la pieza. Con vistas a no complicar este ejemplo, este análisis sólo se menciona como recordatorio.*

■ **Analizar la superficie de la pieza.**
Esto es reconsiderar la forma y posición de cada una de las superficies elementales que componen la pieza. Se divide así una dificultad global en una serie de dificultades elementales.

■ **Elegir las vistas.**
Las hemos ya determinado en la segunda observación del § 6-11. Son las vistas A, B y D.

2º BOSQUEJAR LA PIEZA
El bosquejo se efectúa siguiendo el orden establecido cuando se han analizado las superficies elementales. Se dibuja en trazo fino con un lápiz de dureza media (3H).

Las diferentes vistas deben dibujarse simultáneamente. Se trazarán sistemáticamente sobre cada una de ellas y una por una las superficies elementales que constituyen la pieza.

4º PASAR A LIMPIO
Las líneas vistas (aristas y contornos aparentes) se representan en línea llena gruesa, las líneas ocultas se dibujan en línea interrumpida media corta (capítulo 5).

ORDEN DE LAS LÍNEAS: Se empieza en general por repasar los ejes, luego las líneas gruesas, a continuación las líneas interrumpidas medias cortas, y, para terminar, las líneas finas.

ORDEN DEL TRABAJO: Se empieza por reparar los arcos de circunferencia (caso general), después las líneas horizontales y las verticales dejando para el final las líneas oblicuas en uno y otro sentido.

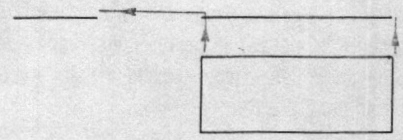
5■13 Vistas particulares

5■131 Vistas desplazadas por traslación

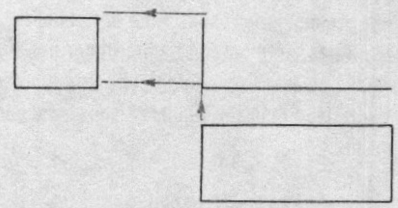
Por razones de espacio o de simplificación se puede excepcionalmente no situar a una vista en su posición normal. En este caso, indicar la dirección de observación por una flecha referenciada con una letra mayúscula y designando obligatoriamente con esta misma letra la vista desplazada.

* Puede verse «Desin de construction 1» por A. CHEVALIER y J. LEURINIER

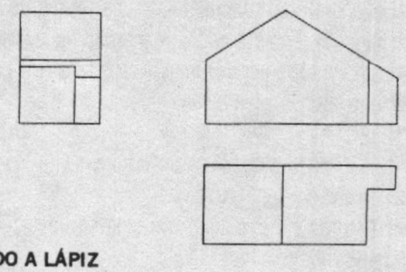
Tener en cuenta la correspondencia de las vistas



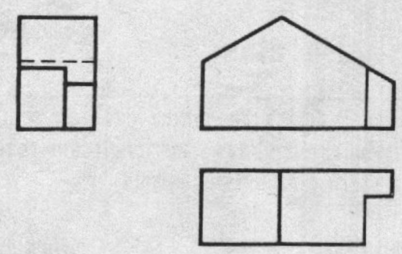
TRAZADO DE LA 1.ª SUPERFICIE



TRAZADO DE LA 2.ª SUPERFICIE **etc.**

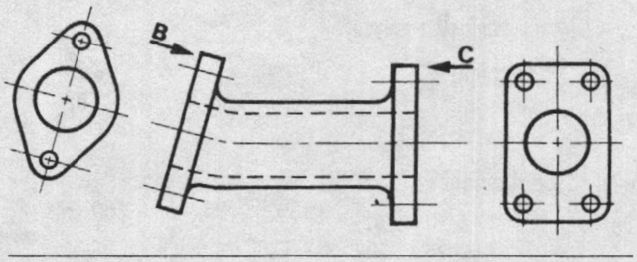


TERMINADO A LÁPIZ



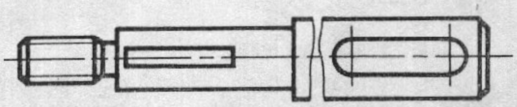
DIBUJO REPASADO

Vista B **Vista C**



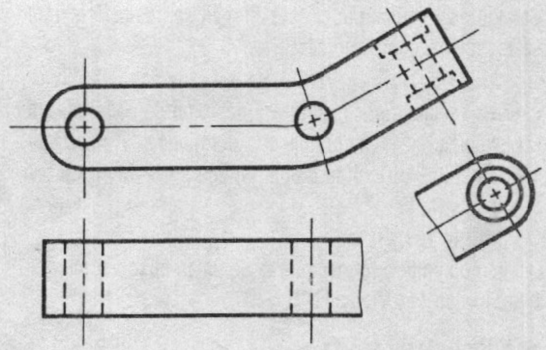
6■132 Vistas interrumpidas

En ciertos casos, particularmente en piezas largas y de sección uniforme, se puede limitar la representación a las partes esenciales que sean suficientes para definir completamente la pieza. Las partes conservadas se limitan por una línea llena fina, a mano alzada, y se dibujan próximas unas a otras.



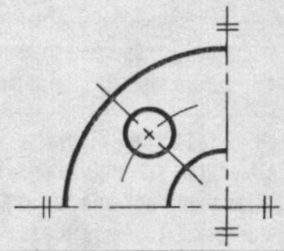
6■133 Vistas en dirección oblicua

Cuando una parte de la pieza se observa según una dirección oblicua, se puede considerar ésta como una dirección principal, pero solamente para la parte de pieza afectada. Cada vista parcial se limita por una línea llena fina a mano alzada. Con ello se evita una representación deformada, laboriosa de dibujar v sin particular interés para la interpretación.



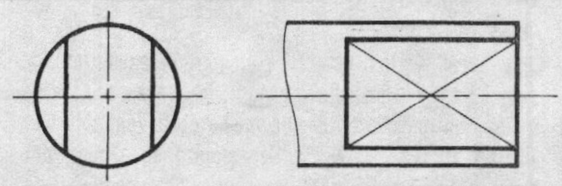
6■134 Piezas simétricas

Para simplificar, una vista que tiene ejes de simetría, puede representarse solamente por una semivista o por un cuarto de vista. En este caso, se marcan los extremos de los ejes de simetría por dos pequeños trazos finos perpendiculares a dichos ejes.



6■135 Caras planas sobre piezas de revolución

Se resaltan las caras planas trazando en línea finacontinua sus dos diagonales.



6■2 Escalas

La escala de un plano indica la relación entre las longitudes dibujadas y las longitudes reales de una pieza o de un mecanismo.

Salvo en caso de necesidad o absolutamente justificado sólo se utilizan las escalas siguientes:

Tamaño natural
Escala 1. Será la utilizada preferentemente, en especial para dibujos de proyecto.

Reducciones
Escalas: (0,5) - 0,4 - 0,2 - 0,1 - 0,05 - (0,04) - 0,02 - 0,01 etc.

Ampliaciones
Escalas: (2) - 2,5 - 5 - 10 - 20 - 25 - 50 - 100 etc.
Evitar el empleo de los valores entre paréntesis.

OBSERVACIONES:
La utilización de los valores normalizados permite el cálculo rápido de valores a escala. Por ejemplo, para dibujar una dimensión a escala 0,2, se divide su valor por 10 y se multiplica por 2. También se puede utilizar un ábaco construido por uno mismo (§ 60-4), o un escalímetro de los que se venden.

RECOMENDACIONES:

■ Indicar siempre la escala con caracteres grandes.

■ Si algunos detalles están a una escala distinta del dibujo global, recuadrarlos, indicando la nueva escala.

■ Las cotas de las partes fuera de escala serán subrayados con un trazo fuerte.
Ejemplo: <u>50</u> (ver también § 12-66).

■ Si el dibujo no está a escala natural hacer un contorno de la pieza a dicha escala siempre que sea posible.

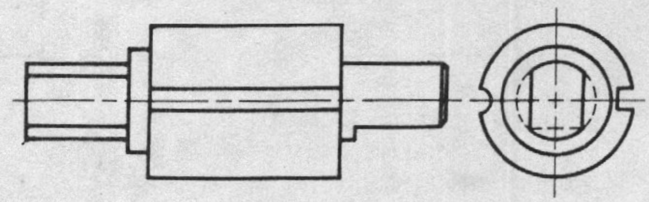
7 Secciones y cortes

NF E 04-102

7■1 Secciones

7■11 Objeto

Las secciones permiten evitar vistas sobrecargadas, al aislar las formas que se desea precisar. Por ejemplo, para la pieza contigua las secciones sustituyen a la vista lateral izquierda en la que los contornos de las diversas secciones se superponen y son difíciles de interpretar.



7■12 Definición

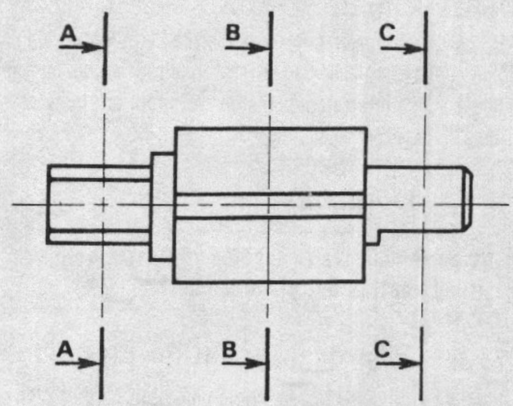
Una sección representa la parte de la pieza situada en el plano secante.

Se distinguen las «secciones desplazadas», dibujadas en el exterior de las vistas, y las «secciones abatidas», dibujadas sobre las mismas vistas.

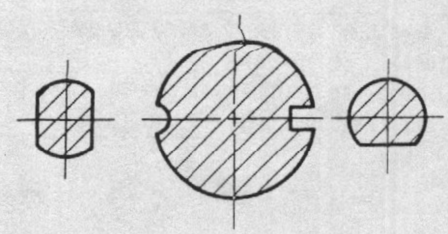
7■13 Representación de una sección con desplazamiento

MÉTODO:

1º Indicar el plano de corte por su traza en línea fina de trazos y puntos, regruesada en sus extremos.
2º Indicar el sentido de observación mediante dos flechas en trazo fuerte en el centro de las partes de traza reforzadas.
3º Designar el plano de la sección por una misma letra mayúscula dibujada al lado de cada flecha.
4º Suponer la pieza cortada por este plano e imaginar inexistente la parte situada en el lado de las flechas.
5º Dibujar en línea llena gruesa el contorno de la pieza contenido en el plano secante mirándola en el sentido indicado por las flechas.
6º Rayar* la sección según las indicaciones del capítulo 8.
7º Designar la sección con las mismas letras mayúsculas que el plano secante.



Sección A-A　　Sección B-B　　Sección C-C

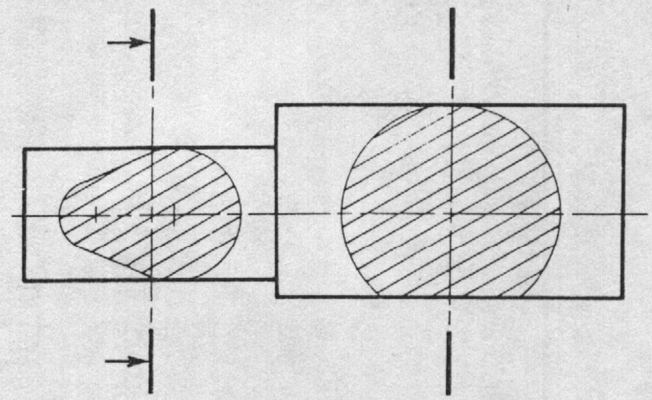


* Se pueden considerar las líneas del rayado como si fueran las huellas dejadas por la sierra cuando se corta la pieza.

7■14 Representación de una sección abatida sin desplazamiento

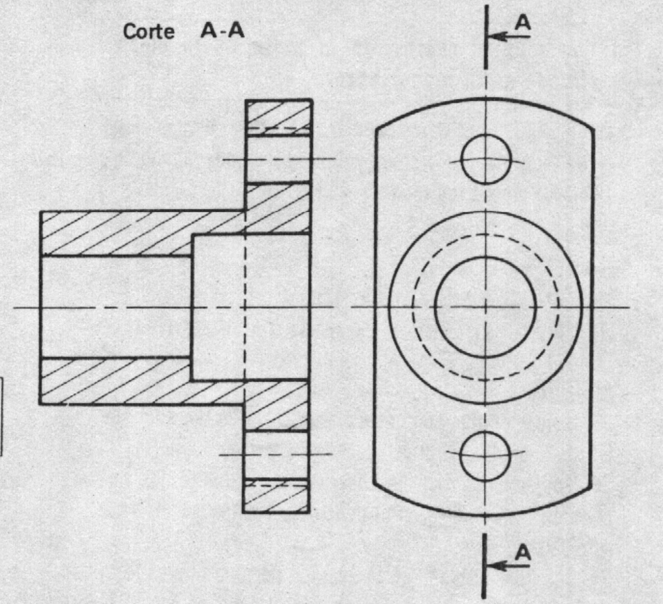
MÉTODO:

1º Indicar el plano de corte por su traza en línea fina de trazos y puntos aumentando el grueso en sus extremos.
2º No indicar la dirección de visualización más que si puede haber confusión. No ponerle letra al plano de corte.
3º Llevar mediante un giro de 90º, alrededor del eje de la succión el plano de la misma sobre el plano del dibujo.
4º Dibujar en línea llena fina el contorno de la superficie de la pieza contenida en el plano secante.
5º Rayar la sección como se indica en el capítulo 8 (en este caso, aunque hay que procurar evitarlo, las líneas de la sección es posible que corten a una línea gruesa).
No abusar de este tipo de secciones y preferir las secciones abatidas con desplazamiento.



7■2 Cortes

Corte A-A



7■21 Objeto

Los cortes permiten mejorar la claridad y la lectura de un dibujo, al reemplazar las aristas ocultas de las piezas huecas (línea interrumpida media corta) por aristas vistas (línea llena gruesa).

7■22 Definición

Un corte muestra la sección y la parte de pieza situada detrás del plano secante.

7■23 Representación de un corte

Disponer y dibujar el corte como una vista normal (ver § 6-11). Rayar la sección. Seguir los pasos dados en el § 7-13.

7■24 Dos reglas a tener en cuenta

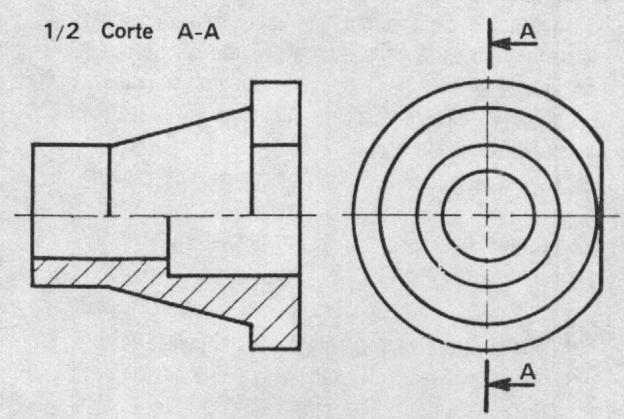
El rayado no sobrepasa nunca una línea llena gruesa.
El rayado no limita nunca con una línea interrumpida media corta.

7■25 Cortes particulares

7■251 Pieza simétrica

Dibujando un medio corte, contiguo a una media vista, una pieza puede quedar definida sin que sea necesario dibujar las aristas ocultas (ver § 9-4).

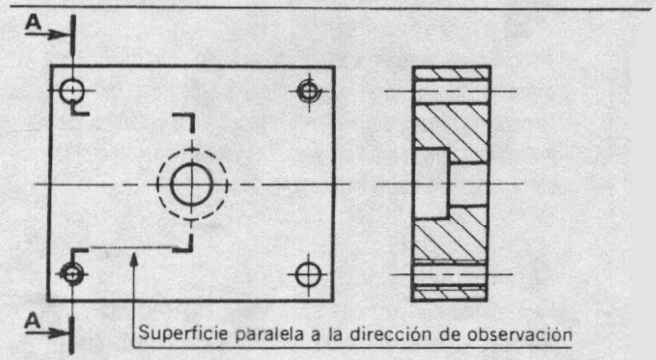
1/2 Corte A-A



7■252 Corte quebrado, por dos planos paralelos

Este corte se aplica con frecuencia. Ofrece la ventaja de introducir **en una sola vista,** de manera clara y precisa una gran cantidad de datos, sin que sea necesario efectuar varios cortes. Sin embargo, sólo se emplea si no hay superposición de planos.

OBSERVACIÓN:
Las superficies producidas por el corte y paralelas a la dirección de observación no se representan en el mismo.

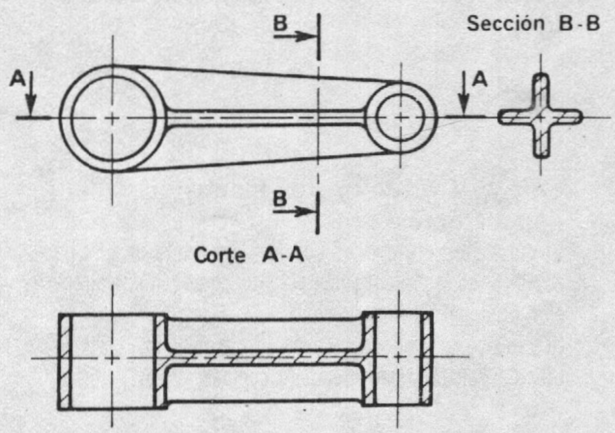


7■253 Cortes de nervios

Un nervio no se corta nunca por un plano paralelo a su cara mayor.

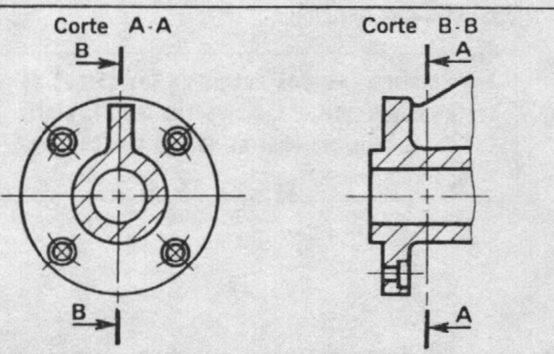
Este principio permite distinguir el corte de una pieza maciza, del que una pieza con nervios de la misma sección. Se dice que se evita así «el efecto de mole».

FORMA DE PROCEDER:
1º Representar el corte suponiendo la pieza sin los nervios paralelos al plano de corte.
2º Trazar los nervios como si se dibujara la pieza sin cortar.



7■254 Agujeros, brazos radicales, etc. uniformemente repartidos

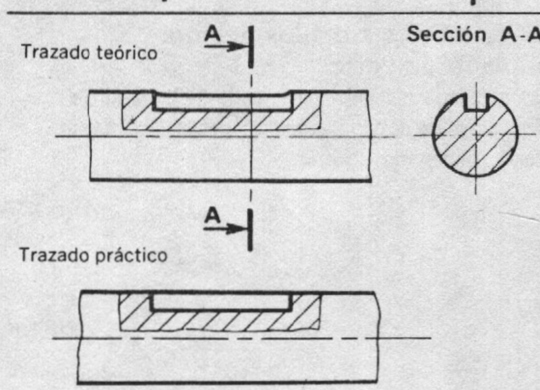
Se puede, si no da lugar a ninguna confusión, girar estos detalles hasta el plano de corte, sin que sea necesario indicarlo. En los casos en que se considere útil, se puede añadir la anotación «girado hasta el plano de corte».



7■255 Corte parcial

Se utiliza para resaltar en línea gruesa un detalle interesante. En general, la indicación del plano de sección es superflua. La parte cortada se limita por una línea llena fina dibujada a mano alzada.

OBSERVACIÓN:
Puede prescindirse de representar la generatriz de la intersección ranura/cilindro cuando la misma está próxima a la generatriz del contorno aparente del cilindro.

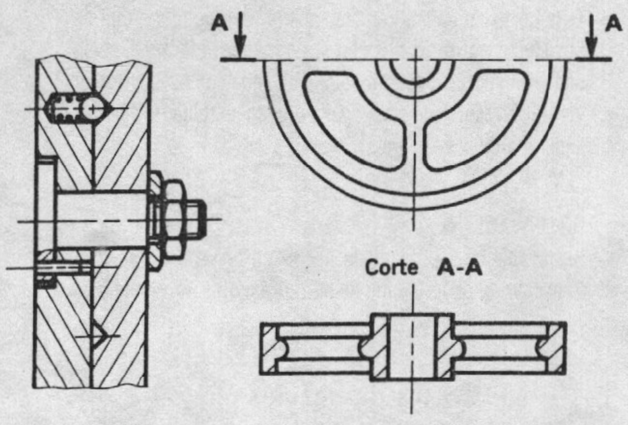


7■256 Piezas sin cortar

Nunca se efectúan cortes en sentido longitudinal en piezas macizas tales como ejes, pasadores, tornillos, remaches, brazos de ruedas dentadas y de volantes y en general en ninguna pieza maciza cuyo corte no proporcionaría ningún detalle suplementario.

OBSERVACIÓN:

Para piezas macizas que sólo tienen una pequeña parte hueca es aconsejable hacer solamente un corte parcial (§ 7-255). De esta forma se evita el inútil rayado de grandes zonas.



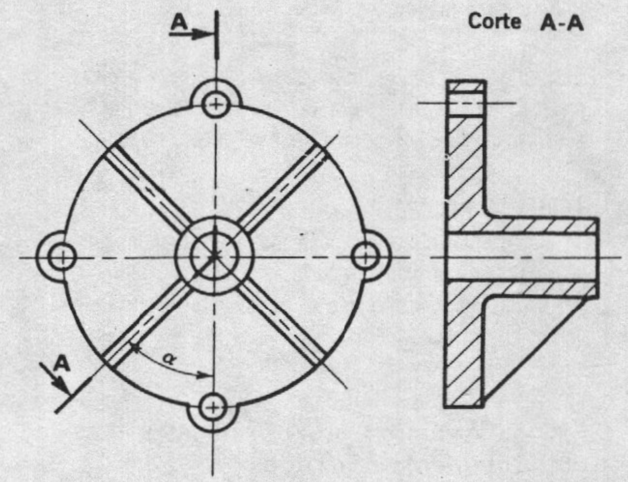
7■257 Corte por dos planos concurrentes

El plano de corte oblicuo se sitúa, mediante un giro de ángulo α en la prolongación del situado según una dirección principal de observación.

El traspaso de medidas de la superficie oblicua al corte se efectúa generalmente mediante compás.

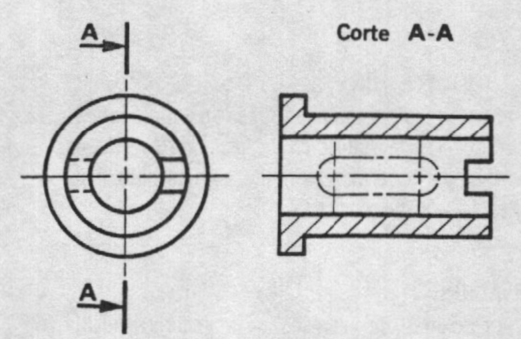
OBSERVACIÓN GENERAL:

> **Los detalles situados detrás de los planos de corte y cuya representación perjudica a la claridad del dibujo, sin aportar nada a su comprensión, se omiten.**



7■258 Partes situados delante del plano de corte

Si es necesario representar una parte de pieza situada delante del plano de corte, debe dibujarse en línea fina de trazos y puntos.



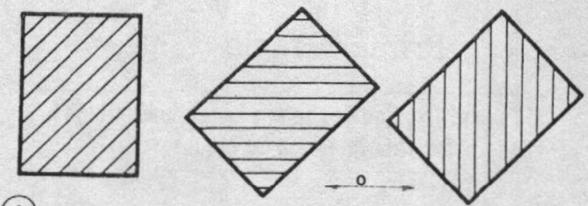
8 El rayado NF E 04-104

8.1 Objeto

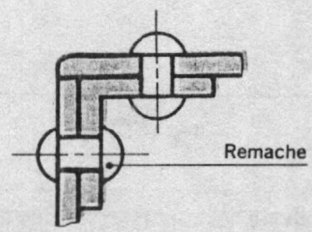
El rayado se utiliza para resaltar la sección de una pieza (ver capítulo 7).

8.2 Normas para el rayado

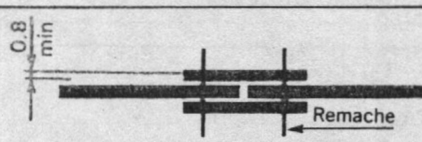
Se efectúa con línea llena fina (capítulo 5) y con intervalo constante. Este varía en función del tamaño de la superficie a rayar, entre 1,5 y 5 mm.
Las líneas del rayado deben tener una inclinación, preferentemente de 45º con las líneas principales del contorno de una pieza (fig. 1).
En la práctica si el espesor de la pieza es reducido la sección se puede colocar (fig. 2). Las piezas de muy poco espesor se ennegrecen. En este caso, dejar una arista en blanco entre dos secciones contiguas (fig. 3).
Para superficies grandes el rayado se reduce a una simple orla (fig. 4).



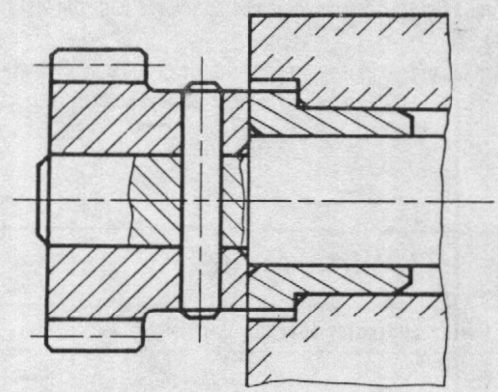
①



②



③



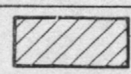
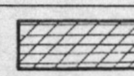
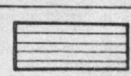
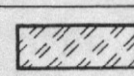
④

8.3 Convenciones

Las distintas partes del corte de una misma pieza se rayan de manera idéntica.
Dos piezas diferentes yuxtapuestas se distinguen mediante una distinta orientación del rayado (pueden hacerse a 30º ó 60º para aumentar la visualización, ver figura 4).

No se debe atribuir al rayado ninguna significación convencional en cuanto a la clase del material. Éste se indica siempre en la nomenclatura.

Para diferenciar los materiales más importantes se tolera el empleo de los rayados que se indican a continuación*.

	**Todos los metales y aleaciones excepto, eventualmente, los que siguen.**		**Materiales plásticos o aislantes y empaquetaduras.**
	**Cobre y aleación, con predominio de cobre.**		**Madera, en corte transversal.**
	**Metales y aleaciones ligeras.**		**Madera, en corte longitudinal.**
	**Antifricción y de forma general todo material colado sobre una pieza.**		**Vidric.**

* No abusar de esta representación pues si una pieza varía de material (lo que es muy frecuente a lo largo de la «vida» de una pieza) hay que rehacer el rayado.

9 Reglas prácticas para la ejecución de los dibujos

9■1 Primera regla

Es la utilización que se va a hacer de un dibujo lo que determina la forma de ejecutarlo.

EJEMPLOS:

- La búsqueda de una solución se realiza a mano alzada.
- Un dibujo de proyecto se hace a lápiz. El trazado preciso y sin apretar.
- Un dibujo definitivo debe ser claro. Se ejecutará a lápiz o a tinta en función de su complejidad o de su utilización.

OBSERVACIÓN:

Los dibujos se efectúan casi siempre sobre papel vegetal con objeto de permitir su reproducción heliográficamente.

9■2 Segunda regla

Todo conjunto debe ser representado en su posición normal de utilización.

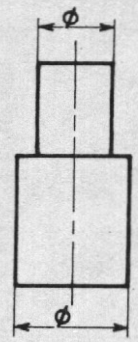
Por tanto, es lógico **dibujar cualquier pieza que forme parte de un conjunto en la posición que presenta en dicho conjunto.** No obstante, si está inclinada, es normal situarla en la posición vertical u horizontal más próxima con el fin de facilitar su representación.

9■3 Tercera regla

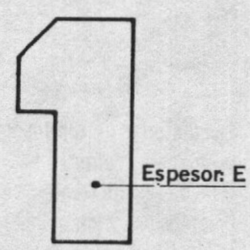
Dibujar sólo las vistas necesarias

Para las piezas de revolución es suficiente una sola vista (fig. 1).
Para las piezas planas procedentes de chapa es suficiente una sola vista con tal de indicar el espesor (fig. 2).

(1)



(2)



9■4 Cuarta regla

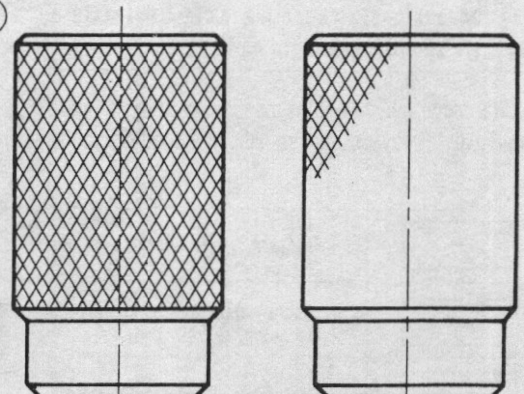
Evitar cualquier trazado inútil.

EJEMPLOS:

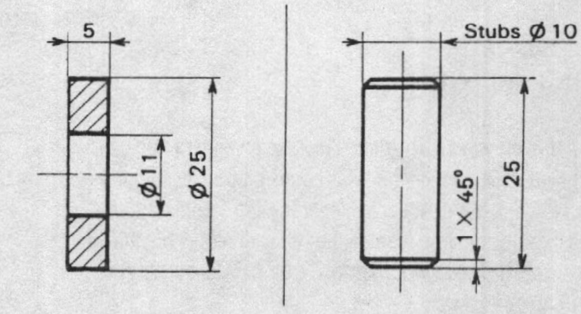
9■41 El empleo de una pieza normalizada evita su dibujo. Ejemplo: tornillo H, M 10-50 NF E 27-311 (ver § 31.11).

9■42 El dibujo completo del moldeado de una superficie grande es inútil. Debe representarse solamente una parte del mismo (fig. 3).

(3)



9■43 En el caso de **piezas simples** es aconsejable en lugar de hacer el dibujo designar las piezas de una manera inequívoca en la nomenclatura.
Los dibujos adjuntos pueden ser sustituidos por las designaciones siguientes:
– arandela: ∅ 25 - ∅ 11 espesor 5
– pasador: Stubs ∅ 10 - 25
Chaflán 1 × 45º en ambos extremos
(el acero «Stubs» es un acero al cromo, estirado y calibrado. Tolerancia sobre el diámetro 0/–0,01).



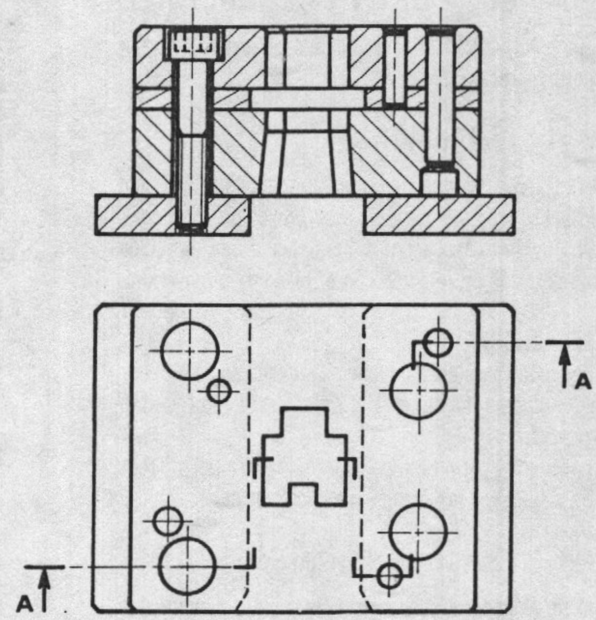
9■44 El ejemplo elegido representa el bloque inferior de un útil de punzonar. En el dibujo se ha procurado definir, del modo más simple posible y **sin duplicaciones,** todos los detalles del proyecto. Para conseguirlo se ha hecho un corte por dos planos paralelos A-A de forma que queden **representados en línea llena gruesa el mayor número de datos posible.**

La línea interrumpida media corta sólo se ha utilizado para definir las formas que no habían quedado completamente determinadas en línea llena gruesa.

En la vista superior la omisión voluntaria de ciertos trazos en nada dificulta la comprensión del conjunto.

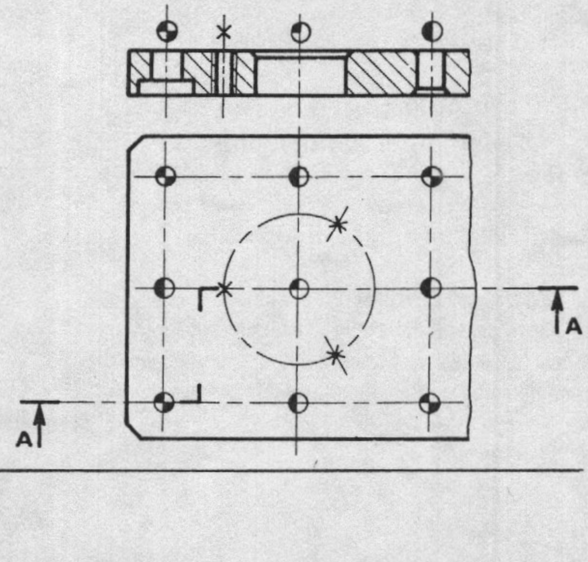
NOTA:
Cuando hay que volver a montar después de un desmontaje, la asimetría evita la inversión de las placas.

Corte A-A



9■45 Con el fin de simplificar más las construcciones cuando la pieza contiene un gran número de agujeros pueden indicarse sus posiciones mediante símbolos. La forma de dichos agujeros se define solamente en el corte quebrado por dos planos paralelos A-A.

Corte A-A



10 Las perspectivas

10■1 Utilidad

Las perspectivas se utilizan cuando se considera que una representación complementaria permite apreciar mejor y más rápidamente el aspecto general y las formas de una pieza o de un producto técnico. Entre las diversas posibilidades **se eligirá la más simple con tal de conseguir el fin propuesto.**

10■2 Perspectiva caballera

Esta perspectiva es fácil y rápida de dibujar pero deforma el objeto representado.

10■21 Definición

La perspectiva caballera es una PROYECCIÓN OBLICUA* del objeto sobre un plano paralelo a su proyección principal. Las proyectantes* son todas paralelas a una dirección dada Δ, oblicua en relación con el plano de proyección.

OBSERVACIONES:

■ Las caras paralelas al plano de proyección se proyectan en verdadera magnitud. Las caras restantes resultan deformadas.

■ La figura 1 permite la comparación entre las proyecciones oblicuas y las ortogonales* de un cubo.

10■22 Construcción práctica

Con el fin de poder efectuar un trazado claro y rápido, los valores α (ángulo de fuga), **a, b** y **c** son normalizados, así:

α = 45° (orientación cualquiera ver fig. 2)

a = dimensión × 0,5

b = **c** = dimensión en verdadera magnitud.

10■23 Ejemplo (fig. 3)

10■231 Dibujo del paralelepípedo

Ángulo de fuga α = 45°. Reducción de oblicuas = 0,5.

10■232 Trazado del cilindro

Construir:

■ El paralelepípedo circunscrito al cilindro.

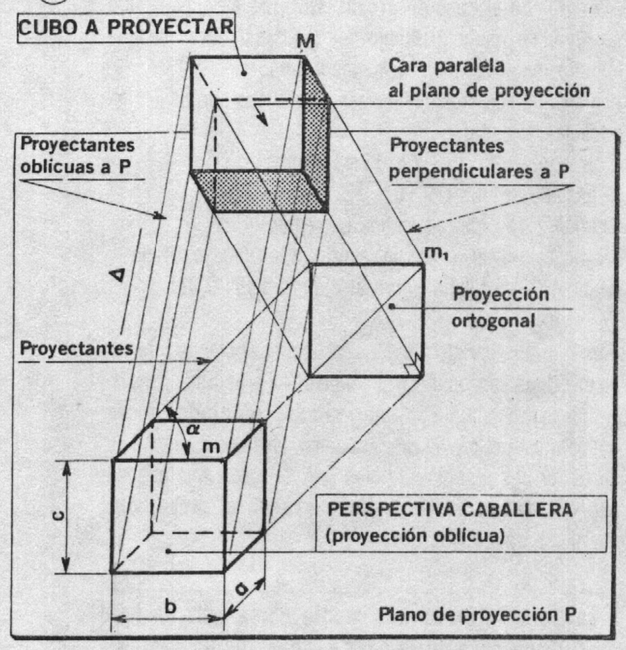
■ La elipse superior y la elipse inferior (§ 62.123).

Trazar las tangentes verticales a las dos elipses con objeto de determinar el contorno aparente del cilindro.

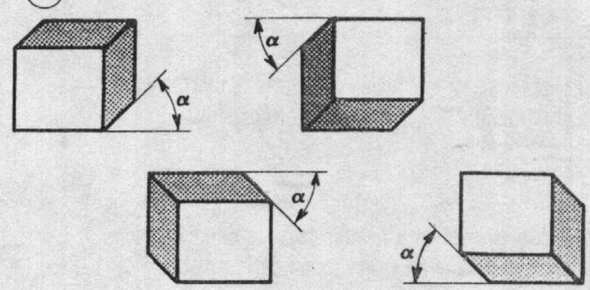
* Ver léxico.

1

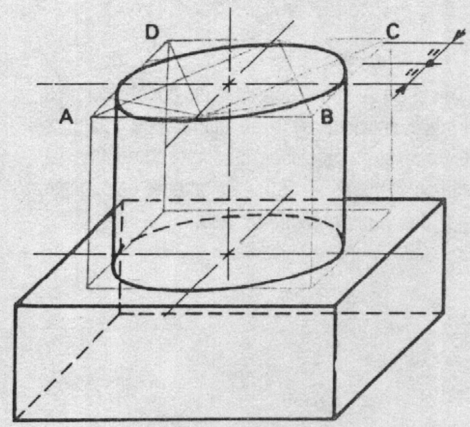
NF E 04-108



2



3



10▪3 Perspectiva axonométrica

10▪31 Definición

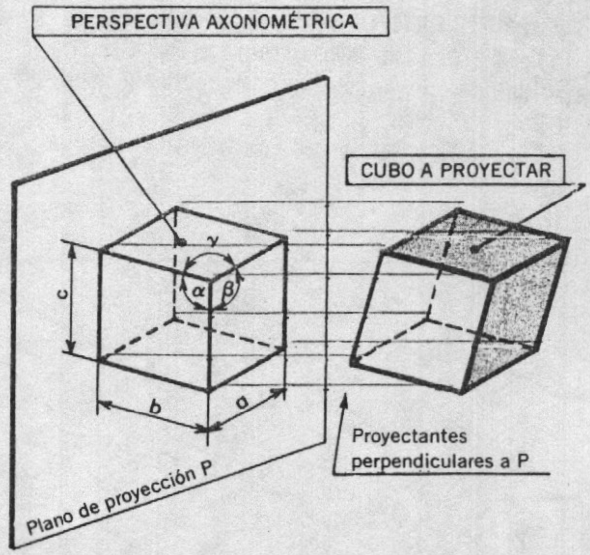
La perspectiva axonométrica es una PROYECCIÓN ORTOGONAL* del objeto sobre un plano oblicuo en relación a las caras principales del objeto. Las mismas por tanto, no se proyectan en verdadera magnitud.

OBSERVACIONES:

▪ Si los ángulos α, β, γ son iguales, la perspectiva se llama «isométrica».

▪ Si los ángulos α, β, γ son distintos entre sí la perspectiva se llama «trimétrica».

▪ Si dos cualesquiera de los ángulos α, β, γ son iguales entre sí la perspectiva se llama «diamétrica».



10▪32 Perspectiva isométrica

Es de fácil ejecución. La perspectiva isométrica de un cubo se obtiene partiendo de un exágono regular de lado:

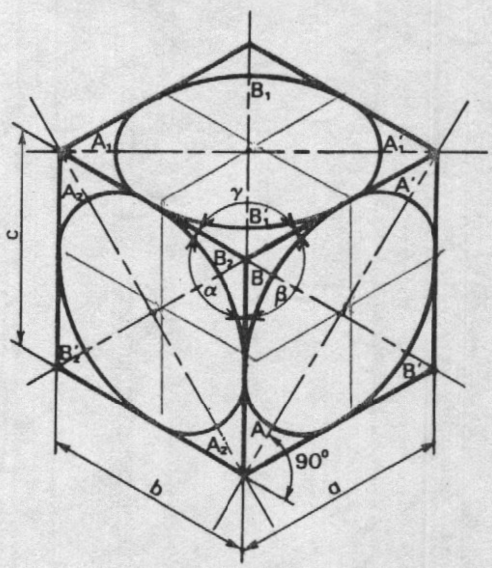
a = b = c = dimensión × 0,82
$\alpha = \beta = \gamma =$ 120°.

TRAZADO DE LAS ELIPSES:

Las caras del cubo no son paralelas al plano de proyección. Por consiguiente toda circunferencia contenida en una de dichas caras, se proyecta según una elipse. Es posible construir una elipse conociendo sus ejes.

El eje mayor de las elipses es perpendicular respectivamente a las aristas a, b y c (por ejemplo el eje AA' es perpendicular a la arista b).

Eje mayor AA' = diámetro en verdadera magnitud.
Eje menor = diámetro × 0,58.



NOTA: en esta perspectiva los ejes de las elipses se hallan sobre las diagonales de las caras del cubo.

a = b = c Escala: 0,82	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
Eje BB' Escala: 0,58	0 50 100 150 200

Estas escalas permiten la determinación de dimensiones mediante una simple abertura de compás. Por ejemplo, si a = 107 tomar como centro el punto 100 y abrirlo hasta situar el otro extremo en la división 7 a la izquierda de cero.

* Ver léxico.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

■ PRIMER EJEMPLO

La figura 1 representa el dibujo de una tubería de sección cualquiera efectuado sobre un papel reticulado isométrico.

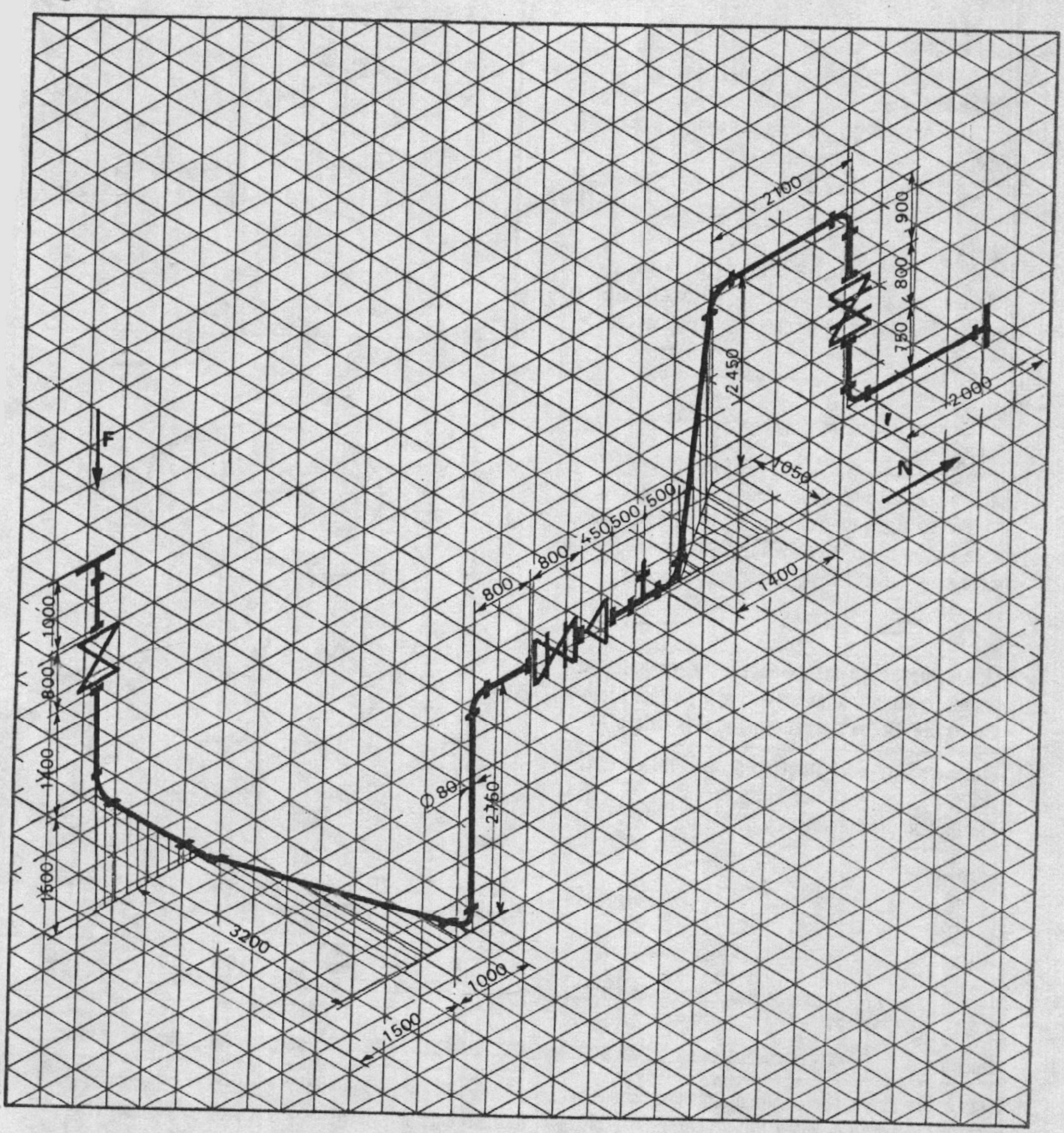
El dibujo, debidamente acotado, puede servir de plano de instalación.

Este procedimiento se utiliza con frecuencia en tubería industrial.

OBSERVACIÓN:

Los símbolos utilizados son los del § 55.1.

(1)

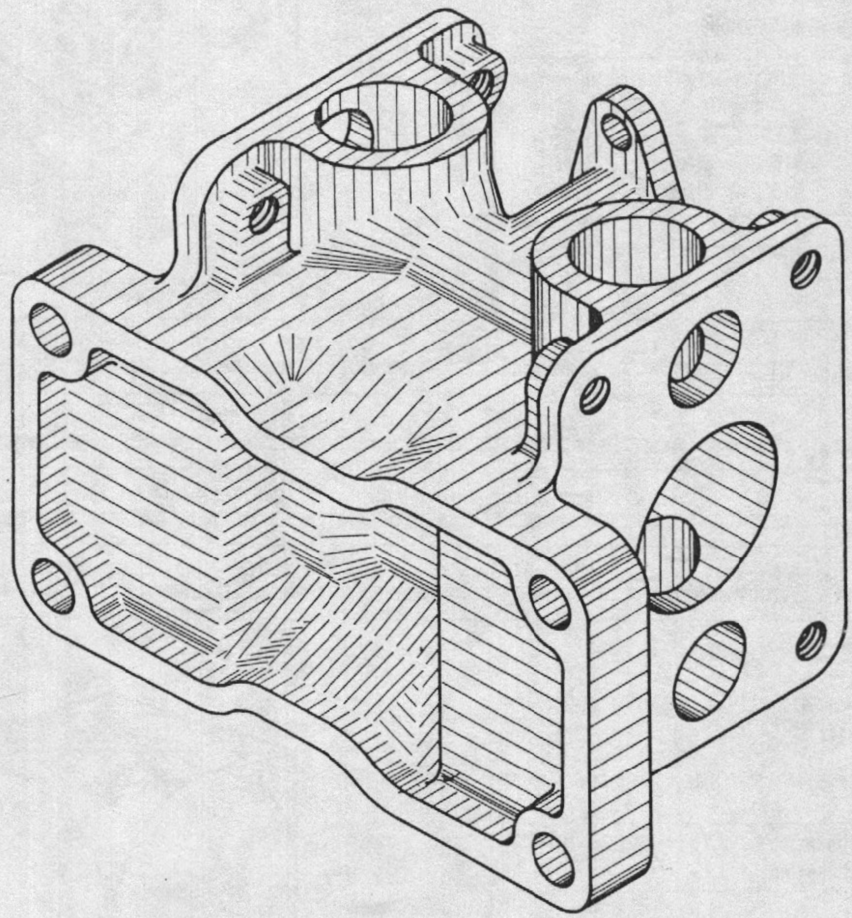


SEGUNDO EJEMPLO

La figura 2 representa el cuerpo de una bomba hidráulica. Esta perspectiva facilita la comprensión de la forma de la pieza, pero no permite, en general, una acotación clara y precisa.

Este tipo de perspectiva se utiliza principalmente en **instrucciones de montaje, en las revistas técnicas y en los dibujos de catálogos.**

2

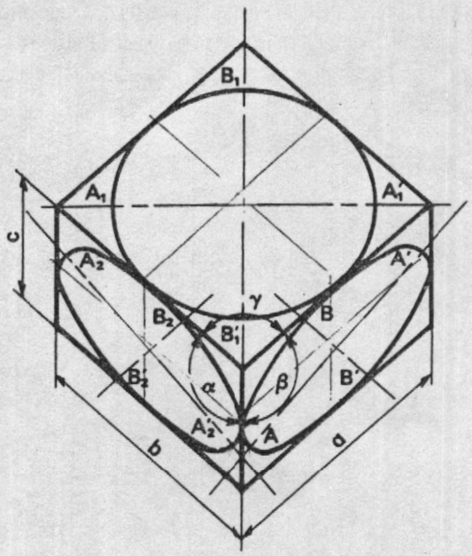


CUERPO DE BOMBA HIDRÁULICA	Material: A–S 10 G

10■33 Perspectiva diamétrica corriente

Se utiliza cuando una de las caras debe estar en una cierta relación con las otras dos.

$$a = b = \text{dimensión} \times 0{,}94$$
$$c = \frac{a}{2} = \frac{b}{2} = \text{dimensión} \times 0{,}47$$
$$\alpha = \beta = 131^\circ\ 30'$$
$$\gamma = 97^\circ$$



TRAZADO DE LAS ELIPSES:
Ver § 10.32 salvo dimensiones.

Eje mayor de las elipses = diámetro en verdadera magnitud
Eje menor BB' = diámetro × 0,33
$B_1B'_1$ = diámetro × 0,88
$B_2B'_2$ = diámetro × 0,33

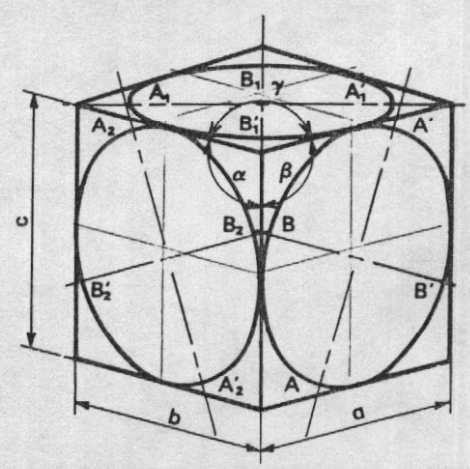
Ejemplo de escalas de reducción: ver § 10.32.

a = b Escala: 0,94	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
c Escala: 0,47	0 50 100 150 200 250
$BB' = B_2 B'_2$ Escala: 0,33	0 50 100 150 200 250 300 350
$B_1 B_1$ Escala: 0,88	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130

10■34 Perspectiva diamétrica enderezada

Se emplea para representar piezas largas.

$$a = b = \text{dimensión} \times 0{,}73 \qquad \alpha = \beta = 105^\circ$$
$$c = \text{dimensión} \times 0{,}96 \qquad \gamma = 150^\circ$$



TRAZADO DE LAS ELIPSES:
Ver § 10.32 salvo dimensiones

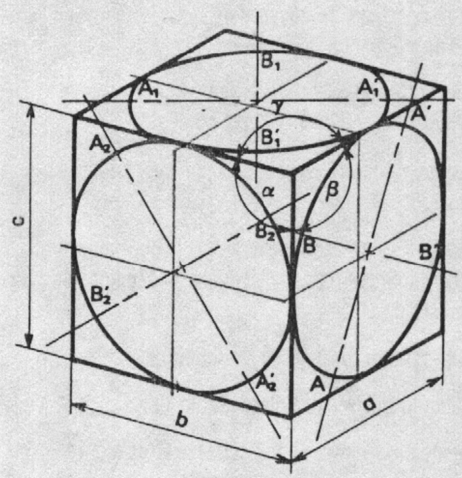
Eje mayor de las elipses = diámetro en verdadera magnitud
Eje menor BB' = diámetro × 0,68
$B_1B'_1$ = diámetro × 0,27
$B_2B'_2$ = diámetro × 0,68

a = b Escala : 0,73	0 50 100 150
c Escala : 0,96	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
BB′ = B_2 B_2 Escala : 0,68	0 50 100 150
B_1 B_1' Escala : 0,27	0 50 100 150 200 250 300 350 400

10.35 Perspectiva trimétrica

En realización es bastante larga, pero la perspectiva es muy clara, las proyecciones de las aristas quedan muy separadas.

a = dimensión × 0,65	α = 105°
b = dimensión × 0,86	β = 120°
c = dimensión × 0,92	γ = 135°



TRAZADO DE LAS ELIPSES:
Ver apartado 10.32, excepto dimensiones.

Eje mayor de las elipses = diámetro en verdadera magnitud
Eje menor BB′ = diámetro × 0,52
B_1B_1' = diámetro × 0,40
B_2B_2' = diámetro × 0,76

Empleo de las escalas de reducción: Ver § 10.32.

a Escala : 0,65	0 50 100 150
b Escala : 0,86	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
c Escala : 0,92	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
BB′ Escala : 0,52	0 50 100 150 200
B_1 B_1' Escala : 0,40	0 50 100 150 200 250
B_2 B_2' Escala : 0,76	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140

11 Vocabulario técnico

Agujero rasgado o taladro coliso: Agujero más largo que ancho acabado en dos semicilindros.

Avellanado: Abocardado cónico hecho con una fresa en un agujero.

Avellanado cilíndrico: Alojamiento cilíndrico que generalmente tiene por objeto:
- obtener una superficie de apoyo
- «empotrar» un elemento.

Base: Superficie de una pieza, generalmente plana y que sirve de apoyo.

Chaflán: Pequeña superficie obtenida por supresión de una arista viva.

Cola de milano: Espiga en forma de trapecio que penetra en una ranura de igual forma y asegura una unión en sentido transversal.

Collar: Anillo saliente de una pieza cilíndrica.

Collarín: Reborde en la extremidad de un tubo.

Diente: Saliente cuya forma es parecida a la de un diente.

Disco de centrales: Cilindro de gran diámetro en relación con su altura, utilizado en general para asegurar un centraje.

Eje: Designa de una manera general un cilindro o cono macizo, preciso.

Embutición cónica: Forma embutida en una chapa y destinada a alojar una pieza que no debe sobresalir.

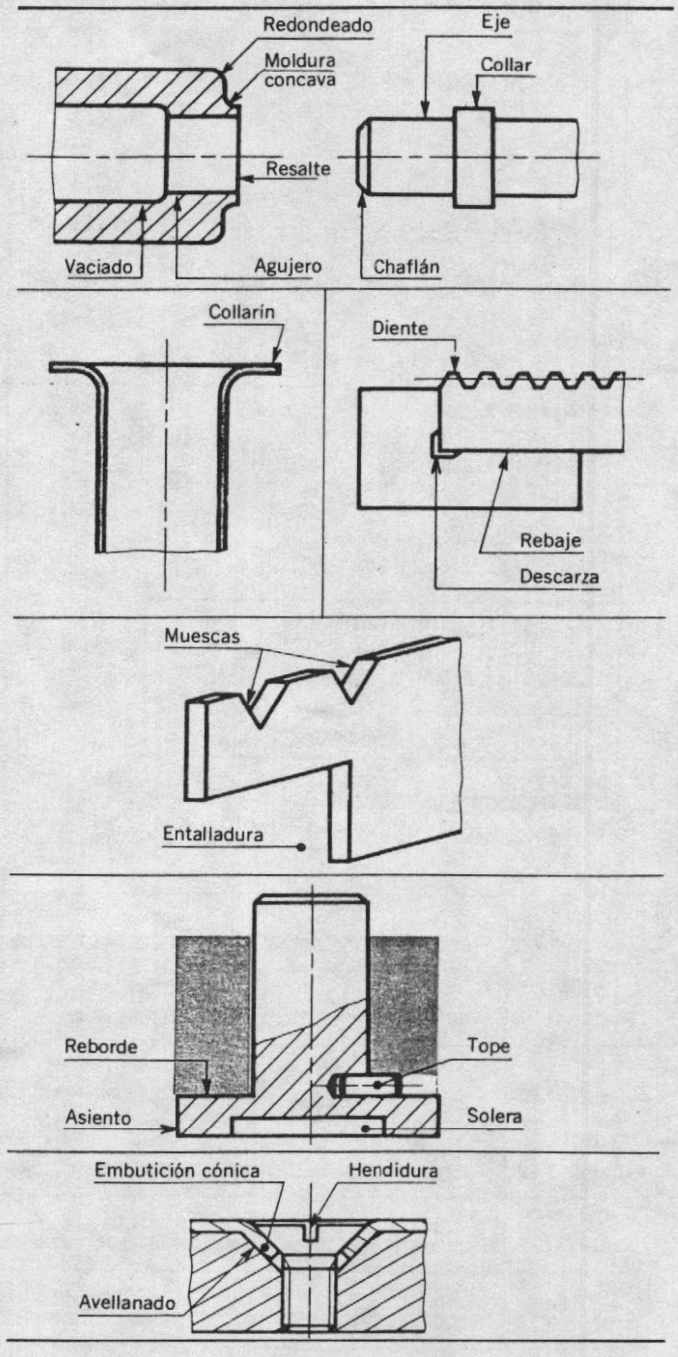
Ensambladura: Espiga de gran longitud destinada a acoplarse en una ranura, en general para asegurar una unión en el sentido longitudinal.

Entalla: Canal profunda y estrecha.

Entàlladura: Parte de una pieza, suprimida por mecanizado.

Espiga: Parte saliente de una pieza que debe encajar en una ranura o en una mortaja.

Garganta: Rebaje estrecho, generalmente redondeado en su parte inferior.



Garganta de salida: Vaciado que en general tiene por finalidad:
– evitar el contacto de dos piezas a través de una línea
– asegurar el paso de una pieza.

Gota de sebo: Casquete esférico eventualmente enlazado con una porción de toro.

Hendidura: Pequeña ranura.

Lumbrera: Denominación de diversos orificios pequeños.

Moldura cóncava: Superficie de sección circular parcial que tiene por objeto unir dos superficies que forman ángulo entrante.

Mortaja: Concavidad que se efectúa en una pieza para encajar con la espiga de otra, con vistas a efectuar un montaje.

Muesca: Pequeña entalladura.

Nervio: Parte saliente de una pieza que tiene por objeto aumentar su resistencia, o su rigidez.

Perfil: Metal laminado según una sección constante.

Pitón de guía: Pieza que posiciona a otra.

Plano: Superficie plana efectuada en un cuerpo cilíndrico.

Plataforma de apoyo: Parte de una pieza destinada a servir de apoyo a otra.

Ranura: Canal larga abierta en una pieza para recibir una lengueta o una espiga.

Rebaje: Superficie retirada de otra y paralela y ésta.

Reborde: Cambio brusco de la sección de una pieza con objeto de obtener una superficie de apoyo.

Redondeado: Superficie de sección circular parcial que tiene por objeto suprimir una arista viva.

Resalte: Relieve previsto en el plano de una pieza con objeto de reducir la superficie a mecanizar.

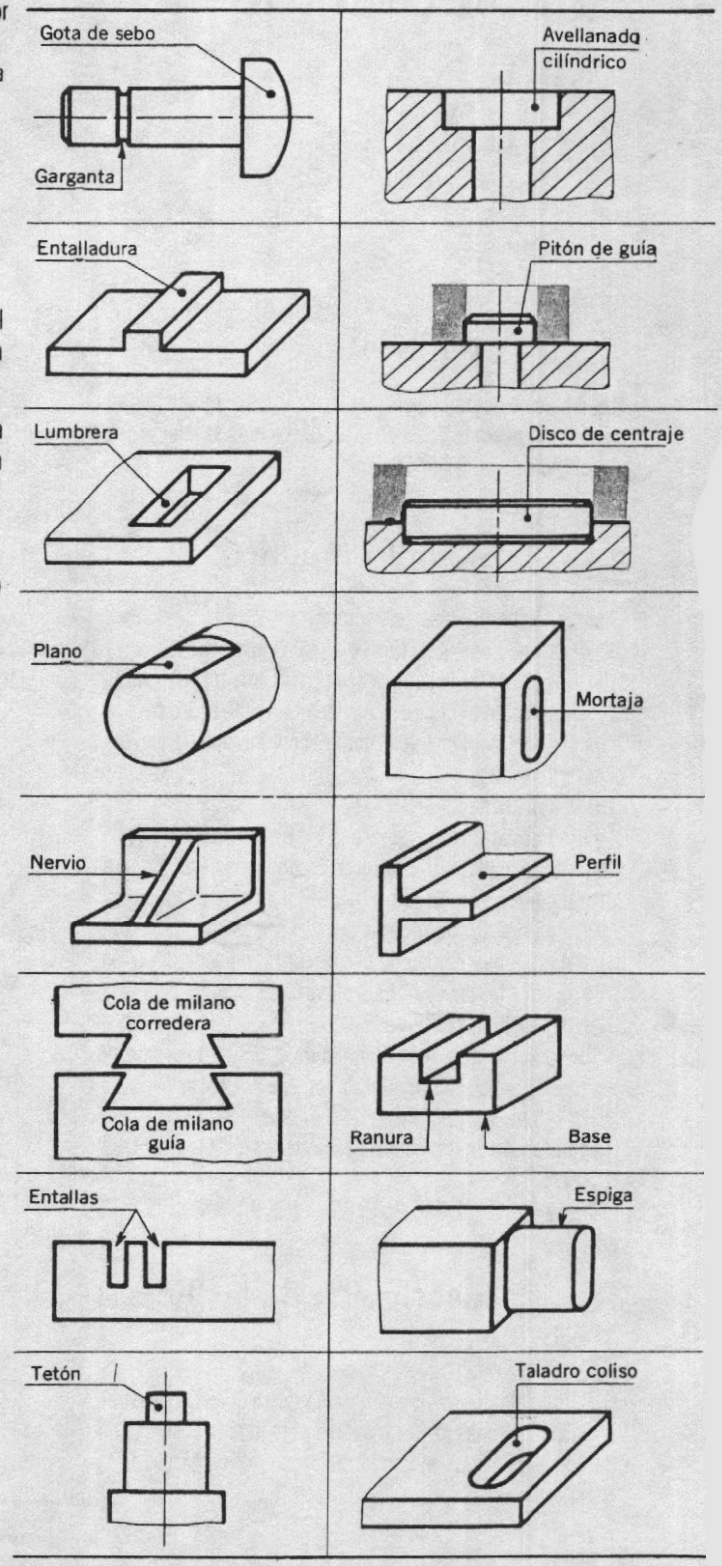
Solera: Vaciado previsto en una pieza para disminuir su peso o reducir la superficie de apoyo.

Taladro: Designa de una manera general un agujero cilíndrico o cónico preciso.

Tetón: Pequeño saliente de forma cilíndrica.

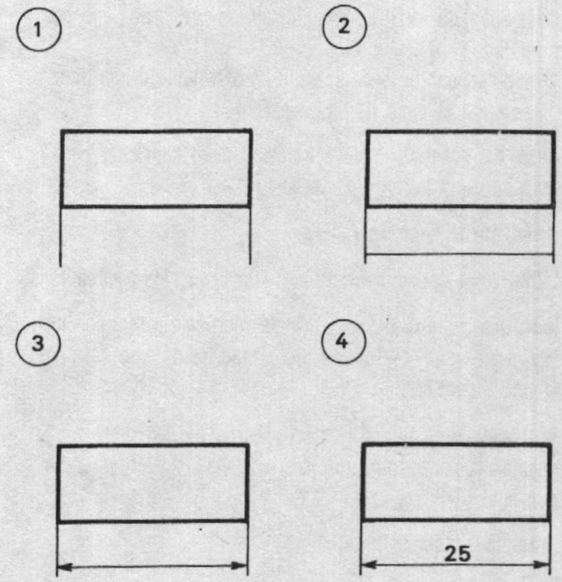
Tope: Pequeño componente de una pieza, que sobresale, generalmente destinada a asegurar un tope de giro.

Vaciado: Agrandecimiento de un agujero en la parte no funcional para reducir la superficie de apoyo del eje.



12 Acotación en dibujos

NF E 04-010



12■1 Finalidad

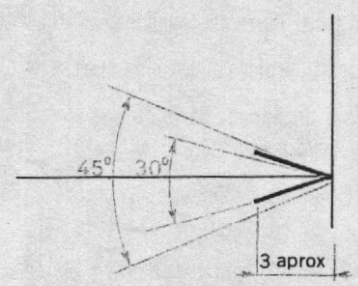
Un dibujo se acota con el fin de indicar las dimensiones de las distintas superficies de la pieza con más precisión que la obtenida aplicando la escala.

12■2 Ejemplo práctico

Acotar la longitud de un rectángulo.
1º Trazar en línea llena fina (**e** = 0,15 aproximadamente) las **líneas de referencia (longitud mínima 8 mm.).**
2º Trazar igualmente en línea llena fina la línea de cota (a una distancia mínima de 7 mm. del contorno de la pieza).

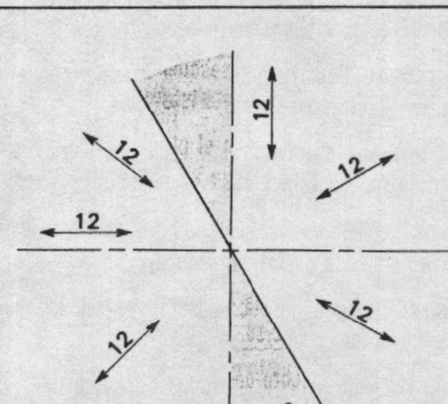
OBSERVACIÓN:
La línea de referencia sobrepasa 1 ó 2 mm la línea de cota.
3º Limitar cada extremidad de la línea de cota por **una flecha** (con plumilla de **e** = 0,25 aproximadamente). El ángulo de abertura de la flecha varía entre 30º y 45º (ver detalle aumentado de una flecha). Se puede dar a las ramas de la flecha una ligera curvatura con el fin de que la flecha sea bien puntiaguda.
4º Inscribir la cota (con plumilla de **e** = 0,25 aproximadamente) en el centro y algo por encima de la línea de cota. Altura de las cifras: 3 a 4 mm.
Ejemplos de inscripción de números de más de tres cifras:
12 823 2,745 85 1 309

DETALLE AMPLIADO DE UNA FLECHA



12■3 Inscripción de las líneas de cota

La situación de las líneas de cota depende de la orientación de las líneas de cota. Debe efectuarse de acuerdo con la figura contigua evitando situarlas en el interior de la zona coloreada.



12■4 Disposiciones particulares de cota

12■41 Puntos teóricos

Prolongar de 1 a 2 mm las líneas concurrentes de construcción y de referencia más allá de los mismos.

12■42 Símbolos normalizados

ELEMENTOS A ACOTAR	SÍMBOLO
Diámetro	Ø
Radio	**R**
Cuadrado	□
Radio de esfera	**Esfera R**
Diámetro de esfera	**Esfera Ø**

CASO PARTICULAR
Acotado de un exagonal.

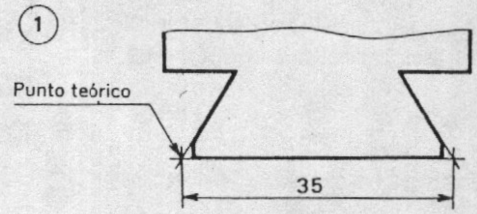
SÍMBOLOS PARA PERFILES*			
Perfil	**Símbolo**	**Perfil**	**Símbolo**
Redondo	Ø	**en U**	[
Cuadrado	□	**en I**	I
Pletina	▭	**en T**	T
Ángulo	L	**en Z**	˥

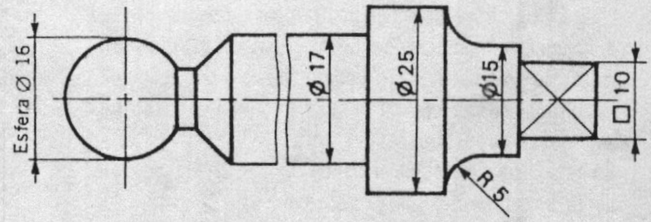
12■43 Casos en que hay poco espacio

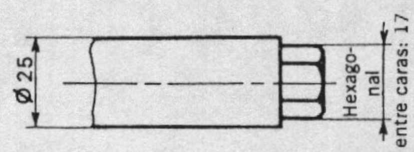
12■431 **Para asegurar la mayor legibilidad posbible de las cotas se pueden colocar las flechas en la parte exterior de las líneas.** Si a pesar de todo no hay espacio suficiente inscribir la cota encima de la prolongación de la línea de cota y preferiblemente a la derecha (fig. 5 cota 2,75).
También se pueden reemplazar dos flechas opuestas por un punto nítido.

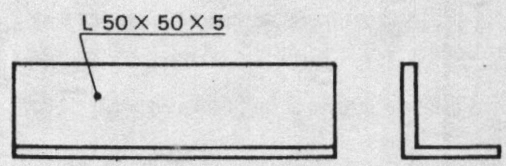
12■432 **Acotación de un arco cuyo centro se encuentra fuera de los límites del dibujo.**
Si es necesario situar el centro, se quebrará la línea de cota del radio, y se indicará claramente sobre qué línea se encuentra el centro.

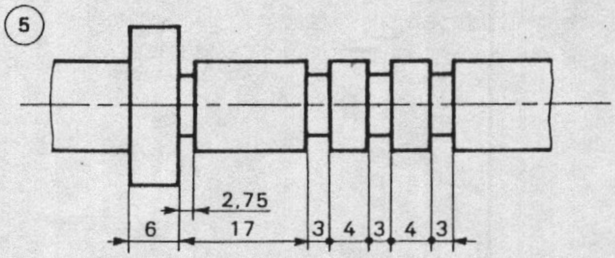
* Ver vocabulario capítulo 11.

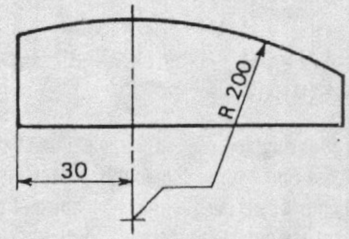
1


2


3


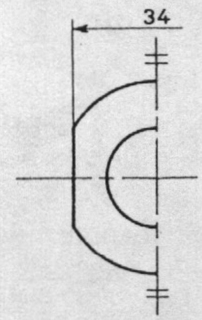
4


5


6


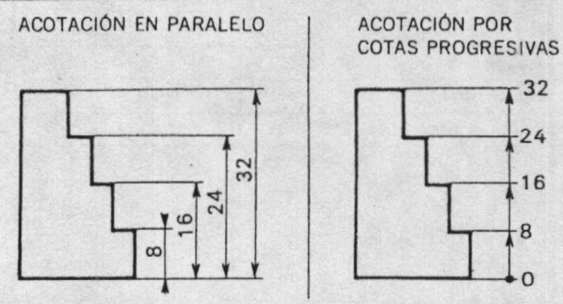
12■433 **En el caso de una semivista,** prolongar la línea de cota algunos milímetros más allá del eje de simetría.

OBSERVACIÓN:
Asegurarse bien de que las piezas sean completamente simétricas.



12■434 Si, después de una razonada elección de las dimensiones a acotar, se decide una **«acotación en paralelo»,** se puede, para ganar espacio o por deseo de simplificación, reemplazar la misma por una **«acotación por cotas superpuestas».**
En esta última acotación el origen común se señala por un punto al que se designa la cota cero.

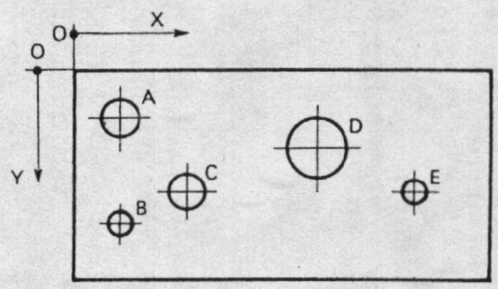
OBSERVACIÓN:
Las cotas se colocan en la prolongación de las líneas de referencia.



12■435 La **«acotación por coordenadas» es muy interesante:**

- Las cotas se agrupan en un cuadro independiente del dibujo.
- El dibujo se presenta menos recargado y en consecuencia es más legible. Esta acotación se utiliza especialmente para planos de fabricación de piezas a mecanizar en una «máquina de puntear» o en una máquina con mando numérico.

ACOTACIÓN POR COORDENADAS

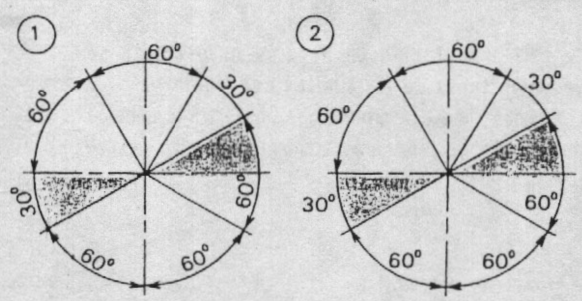


	A	B	C	D	E
Ø	5	3	5	8	3
X	6	6	15	32	45
Y	6	20	16	10	16

12■5 Acotación de ángulos

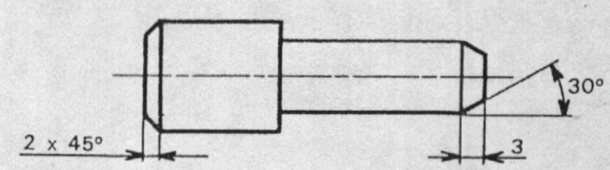
12■51 Orientación de las cotas angulares

Las cotas de los ángulos se inscribirán según se indica en la figura 1. Sin embargo, dichas cotas podrán inscribirse horizontalmente si así se facilita su lectura (figura 2). Evitar el escribir valores angulares en el interior de la zona coloreada.



12.52 Acotación de achaflanados

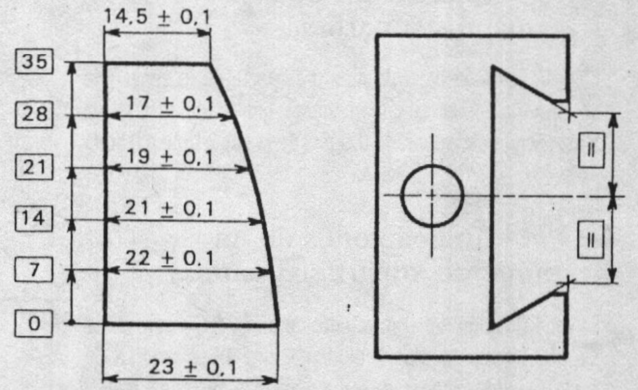
Los achaflanados se acotarán según se indica en la figura contigua.
Obsérvese que, cuando el chaflán es de 45º, la acotación se simplifica.



12.6 Casos particulares

12.61 Dimensiones idénticas

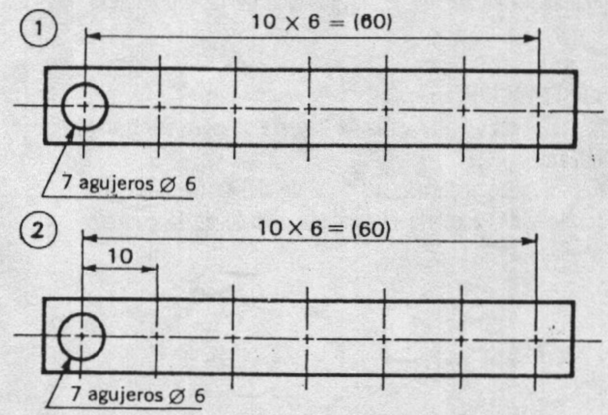
Las dos cotas señaladas son nominalmente* iguales entre sí. Ello es ambiguo para la mayor parte de las palicaciones. Se empleará sólo con reservas.



12.62 Elementos equidistantes

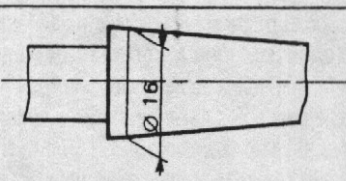
Cuando existan elementos equidistantes, se puede, en ciertos casos, simplificar el trabajo material de la acotación. Por ejemplo, para la acotación de siete agujeros equidistantes de la regleta de la figura se puede adoptar, si las condiciones funcionales lo permiten, la acotación según la figura 1. Sin embargo, si se quiere evitar una confusión entre el número de intervalos y su longitud, la acotación de la figura 2 es preferible.

OBSERVACIÓN:
Esta acotación hace intervenir por lo menos una cota en exceso que debe figurar consiguientemente entre paréntesis (§ 18.4).



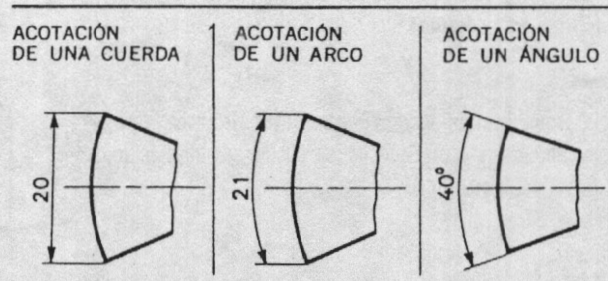
12.63 Líneas de referencia oblicuas

En caso de necesidad (claridad de acotación, por ejemplo), se pueden dibujar las líneas de referencia oblícuas.



12.64 Acotación de una cuerda, de un arco o de un ángulo

La acotación de una cuerda de un arco y de un ángulo es la que se indica en la figura siguiente.



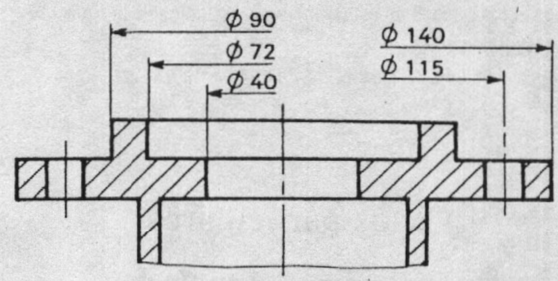
12.65 Líneas de cota de gran longitud

Con objeto de evitar el trazado de líneas de cota de gran longitud, la acotación de la figura siguiente muestra una forma recomendada. Además, la misma, facilita la lectura de las cotas evitando el que haya muchas cotas en columna.

* Ver en el léxico: «cota nominal».

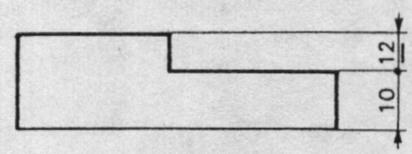
12■66 Cotas fuera de escala

Las medidas que excepcionalmente, no hayan sido dibujadas a escala, deben subrayarse.



12■67 Indicación de un tratamiento superficial

La indicación de un tratamiento de parte de la superficie se efectúa en el dibujo mediante una línea gruesa de trazos y puntos, separada 0,5 mm de la superficie a tratar.



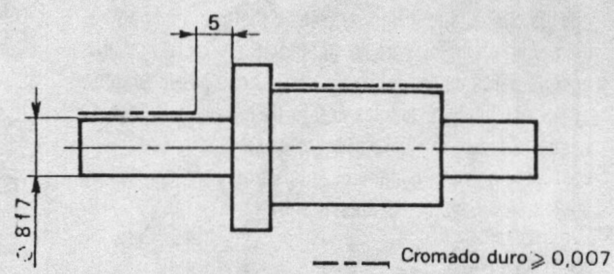
12■68 Indicaciones de un tratamiento superficial parcial

La modificación del tratamiento de parte de la superficie se efectúa en el dibujo mediante una línea gruesa de trazos y puntos, separada 0,8 mm de la superficie a tratar. Acotar, si es necesario, la posición de la superficie a tratar.

OBSERVACIONES:

■ La cota Ø 8f7 es la de la pieza después del tratamiento.

■ Si debe indicarse la cota de desbaste antes del tratamiento, anotarla claramente al lado de la cota de acabado.



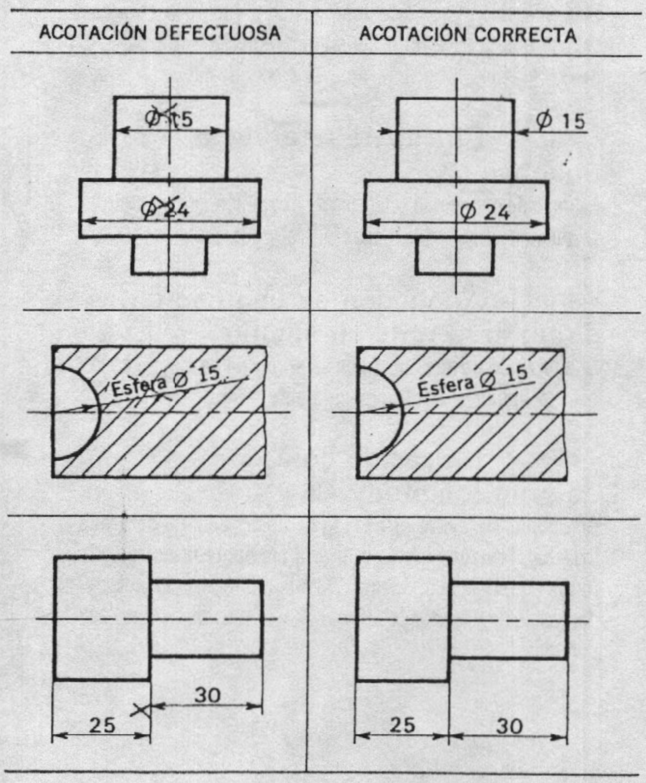
12■7 Defectos a evitar

12■71 Con el fin de prevenir defectos de lectura, **las cotas no deben ser nunca cortadas por una línea** (línea de cota, eje, línea llena gruesa, etc.).

Se podrá por ejemplo desplazar las cotas a la derecha de un eje, si hay espacio suficiente (Ø 24 en la figura), o inscribirlas más allá de la prolongación de la línea de cota (Ø 15 en la figura).

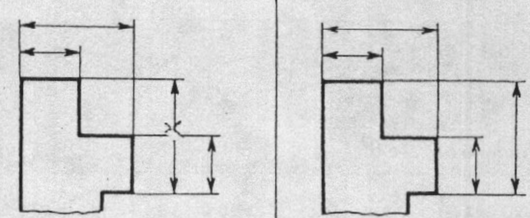
Interrumpir si es necesario **cualquier línea** en la proximidad de una cota que no se puede cambiar de lugar (rayados, ejes, etc.).

12■72 Siempre que sea posible alinear las líneas de cotas.



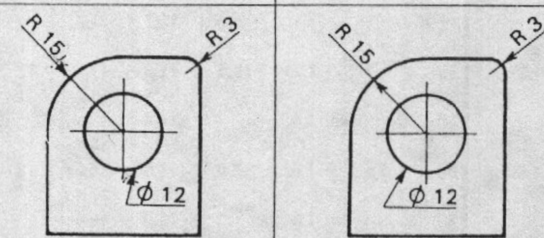
ACOTACIÓN DEFECTUOSA	ACOTACIÓN CORRECTA

12■73 **Una línea de cota no debe ser cortada por ninguna otra línea.**
Por el contrario si no se puede evitar las líneas de referencia, pueden cortarse entre sí.



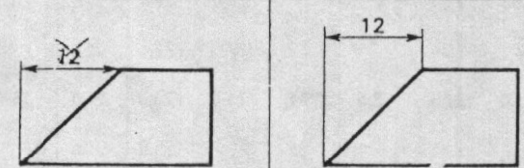
12■74 La flecha de las líneas de cota debe situarse en principio en el lado cóncavo del arco. Sin embargo para radios pequeños, se admite el que se la dibuje en el lado convexo.

OBSERVACIÓN:
La prolongación de la línea que acota el círculo ⌀ 12 debe pasar por el centro del círculo.

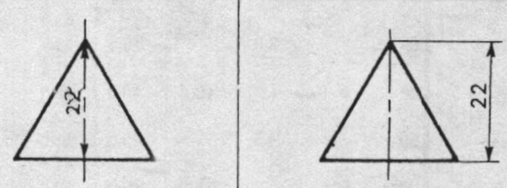


12■75 No se debe nunca:

■ Alinear una línea de cota con una línea de dibujo.



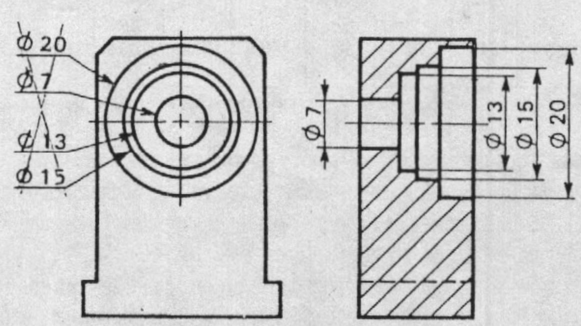
■ Utilizar un eje como línea de cota.



12■76 Cuando una línea de cota tiene su extremo en el interior de un dibujo, debe ponerse un punto en dicho extremo.



12■77 Los cilindros deben acotarse preferiblemente en la vista donde se proyectan como rectángulos. Se facilita la lectura y se reduce el riesgo de error.



12■8 Observación importante

Los principios enunciados en este capítulo afectan solamente a la parte gráfica de la acotación. La elección de las dimensiones a acotar deberá hacerse a tenor de los principios enunciados en los capítulos 18 a 23.

13 Medidas lineales nominales

NF E 01-001

1 a 10 mm

R10	R20	Ra 10	Ra 20
1,00	1,00	**1**	1
	1,12		1,1
1,25	1,25	**1,2**	1,2
	1,40		1,4
1,60	1,60	**1,6**	1,6
	1,80		1,8
2,00	2,00	**2**	2
	2,24		2,2
2,50	2,50	**2,5**	2,5
	2,80		2,8
3,15	3,15	**3**	3
	3,55		3,5
4,00	4,00	**4**	4
	4,50		4,5
5,00	5,00	**5**	5
	5,60		5,5
6,30	6,30	**6**	6
	7,10		7
8,00	8,00	**8**	8
	9,00		9
10,00	10,00	**10**	10

10 a 100 mm

R10	R20	R40	Ra 10	Ra 20	Ra 40
10,0	10	10	**10**	10	
	11,2	11,2		11	
12,5	12,5	12,5	**12**	12	12
		13,2			13
	14,0	14,0		14	14
		15,0			15
16,0	16,0	16,0	**16**	16	16
		17,0			17
	18,0	18,0		18	18
		19,0			19
20,0	20,0	20,0	**20**	20	20
		21,2			21
	22,4	22,4		22	22
		23,6			24
25,0	25,0	25,0	**25**	25	25
		26,5			26
	28,0	28,0		28	28
		30,0			30
31,5	31,5	31,5	**32**	32	32
		33,5			34
	35,5	35,5		36	36
		37,5			38
40,0	40,0	40,0	**40**	40	40
		42,5			42
	45,0	45,0		45	45
		47,5			48
50,0	50,0	50,0	**50**	50	50
		53,0			53
	56,0	56,0		56	56
		60,0			60
63,0	63,0	63,0	**63**	63	63
		67,0			67
	71,0	71,0		71	71
		75,0			75
80,0	80,0	80,0	**80**	80	80
		85,0			85
	90,0	90,0		90	90
		95,0			95
100,0	100,0	100,0	**100**	100	100

100 a 500 mm

R10	R20	R40	Ra 10	Ra 20	Ra 40
100	100	100	**100**	100	100
		106			105
	112	112		110	110
		118			120
125	125	125	**125**	125	125
		132			130
	140	140		140	140
		150			150
160	160	160	**160**	160	160
		170			170
	180	180		180	180
		190			190
200	200	200	**200**	200	200
		212			210
	224	224		220	220
		236			240
250	250	250	**250**	250	250
		265			260
	280	280		280	280
		300			300
315	315	315	**320**	320	320
		335			340
	355	355		360	360
		375			380
400	400	400	**400**	400	400
		425			420
	450	450		450	450
		475			480
500	500	500	**500**	500	500

Los términos Ra subrayados en la tabla, son los únicos que difieren, a causa del redondeo, de los términos R correspondientes.

Para servir de base a las distintas normalizaciones y reducir los costos de herramientas de fabricación y verificación, se ha buscado una forma de reducir el número de valores que pueden tener las dimensiones de una pieza mecánica. Se han adoptado los valores de las series de Renard* o números normales. Estos números son los términos de progresiones geométricas de base una potencia entera de 10 y de razones $\sqrt[10]{10}$, $\sqrt[20]{10}$, $\sqrt[40]{10}$.

Las medidas lineales nominales de las piezas, se eligen entre los valores de las series R y por este orden de preferencia: R10, R20, R40, ó, en caso de requerirse valores más redondeados entre los de las series Ra, en el mismo orden de preferencia.

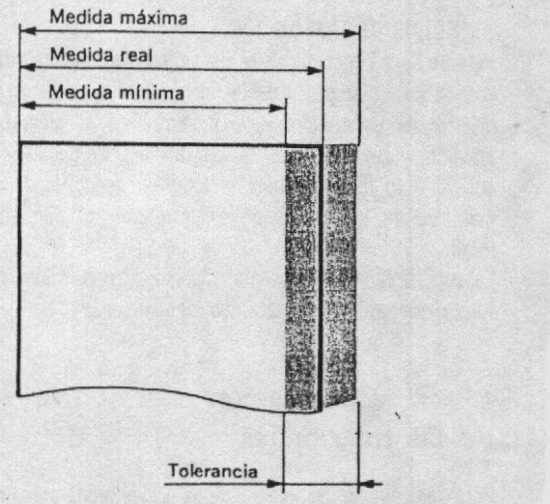
* Series establecidas según los trabajos del coronel Renard.

14 Tolerancias dimensionales de piezas lisas

NF E 02-000 a NF E 02-118

14▪1 Objeto de las tolerancias

La inevitable imprecisión de los procedimientos de mecanización hace que una pieza no pueda ser obtenida exactamente de acuerdo con las dimensiones fijadas previamente. Ha sido necesario tolerar que la dimensión real obtenida se halle comprendida entre dos medidas límite, compatibles con un funcionamiento correcto de la pieza. La diferencia entre estas dos dimensiones constituye la **TOLERANCIA.**



14▪2 Sistema ISO*

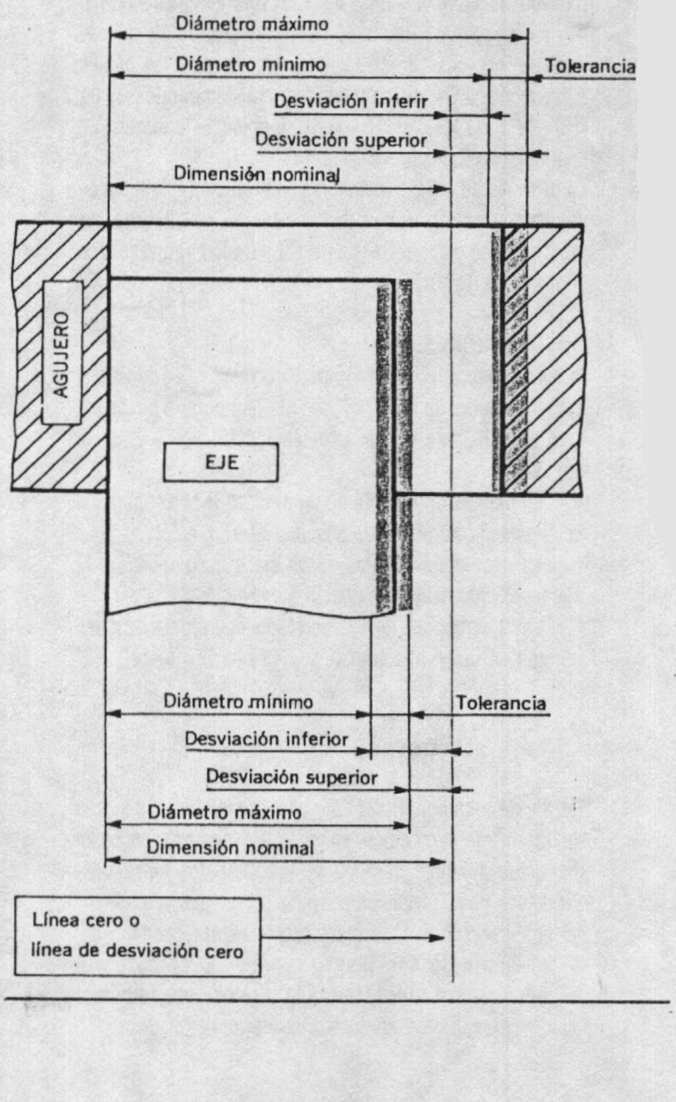
Éste sistema define un conjunto de tolerancias a aplicar a las medidas de piezas lisas. Para simplificar sólo se hará referencia explícita a piezas cilíndricas de sección circular. Pero cuanto se diga sobre estas piezas se aplica íntegramente a todas las demás. En particular los términos AGUJERO y EJE se utilizan igualmente para designar el espacio continente o el espacio contenido, comprendido entre dos caras paralelas de una pieza cualquiera: ancho de la ranura, grueso de la chaveta, etc.

14▪21 Principio

Se asigna a la pieza una MEDIDA NOMINAL, elegida siempre que sea posible entre las medidas lineales nominales (capítulo 13), y se define cada una de las dos dimensiones límites por su DIFERENCIA o DESVIACIÓN en relación a esta dimensión nominal. Esta desviación se obtiene en valor absoluto y en signo restante la dimensión nominal de la dimensión límite considerada.

Agujero	Desviación superior ES = D max – D nom Desviación inferior EI = D min – D nom
Eje	Desviación superior es = d max – d nom Desviación inferior ei = d min – d nom

En la figura contigua, las dos desviaciones de eje son negativas.



*Nombre de la Organización internacional de normalización.

PRINCIPIO DE TAYLOR

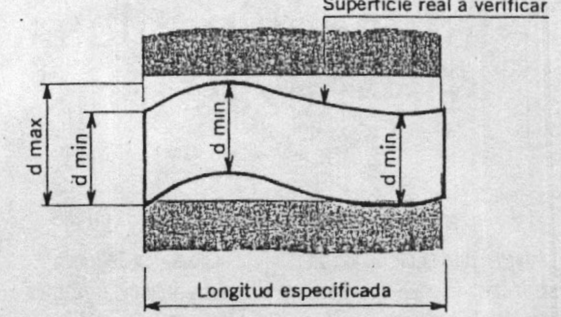
Para un eje se considera que una superficie es correcta:

■ Si cualquier punto de la misma está situado en el interior de un cilindro cuyo diámetro es el diámetro máximo, y cuya longitud, la longitud especificada.

■ Si a lo largo de toda la longitud especificada el diámetro de la superficie no es inferior al diámetro mínimo.

La superficie puede presentar cualquier irregularidad de forma compatible con esta doble condición.

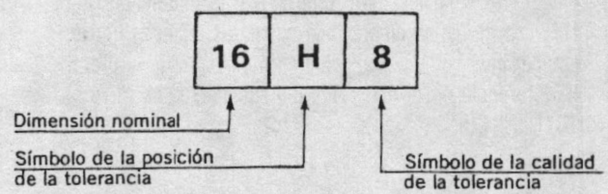
PRINCIPIO DE TAYLOR



14■22 Designación de las tolerancias

Para cada dimensión nominal se ha previsto una gama de tolerancias. La importancia de estas tolerancias se simboliza por un número llamado «calidad». Existen 18 calidades: 01 - 0 - 1 - 2 -... 15 - 16 cada una de las cuales corresponde a una de las tolerancias fundamentales: IT 01 IT 0 - IT 1 - IT 2 -... IT 15 - IT 16, función de la dimensión nominal (ver tabla en página 43).

La posición de estas tolerancias con relación a la línea de desviación nula o «línea de referencia» se designa por medio de una o dos letras (de **A** a **Z** para los agujeros y de **a** a **z** **para los ejes).**



OBSERVACIONES:

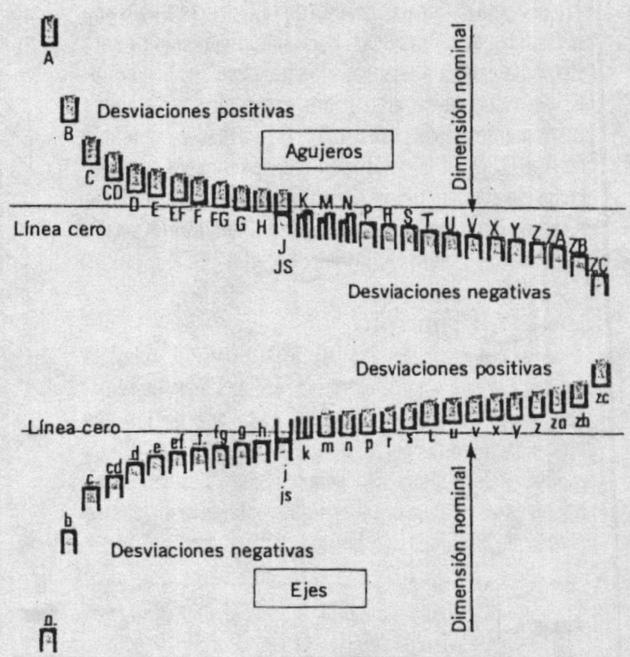
■ La primera letra del alfabeto corresponde a la condición de mínimo de material para el eje o para la pieza que contiene el agujero (ver también las figs. 1 y 2 de la página contigua).

■ La dimensión mínima de un agujero **H** corresponde a la dimensión nominal (desviación inferior nula).

■ La dimensión máxima de un eje **h** corresponde a la dimensión nominal (desviación superior nula).

■ Las tolerancias JS o js corresponden a desviaciones iguales en valor absoluto (ES = EI = es = ei).

SITUACIÓN ESQUEMATIZADA DE LAS TOLERANCIAS



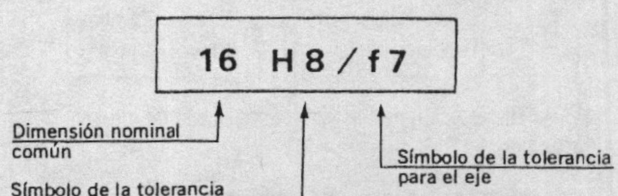
14■23 Ajustes

Un ajuste está constituido por el ensamble de dos piezas de la misma dimensión nominal. Se designa por esta dimensión nominal seguida de los símbolos correspondientes a cada pieza, empezando por el agujero.

La posición relativa de las tolerancias determina:

■ o un **ajuste con juego,**

■ o un **ajuste indeterminado,** es decir que lo mismo puede presentar un juego que un aprieto,



■ o un **ajuste con aprieto.**

Con objeto de reducir al número de ajustes posibles se ajustan solamente uno de los dos sistemas siguientes.

14■231 Sistema de eje único

En este sistema (fig. 1) la posición para las tolerancias de todos los ejes viene dada por la **letra h** (desviación superior nula).

El ajuste deseado se obtiene haciendo variar la posición de la tolerancia para el agujero.

El empleo de este sistema se reserva para aplicaciones muy completas: utilización de ejes de acero estirado, alojamientos de cojinetes, etc.

14■232 Sistema de agujero único

En este sistema (fig. 2), la posición para las tolerancias de todos los agujeros viene dada por la **letra H** (desviación inferior nula).

El ajuste deseado se obtiene haciendo variar la posición de la tolerancia para el eje.

Éste es el sistema a emplear preferentemente (es más fácil modificar las tolerancias de un eje que las de un agujero).

14■233 Relación entre los ajustes de los dos sistemas

Los ajustes homólogos de los dos sistemas presentan los mismos juegos o aprietos.

Por ejemplo: el ajuste 30 H7/f7 proporciona el mismo juego que el ajuste 30 F7/h7.

OBSERVACIÓN:

Para facilitar la mecanización de las piezas **se asocia generalmente un agujero de calidad fijada con un eje de la calidad inmediata inferior.**

EJEMPLOS: H7/p6 - P7/h6.

14■234 Elección de un ajuste

PROCEDIMIENTO GENERAL:

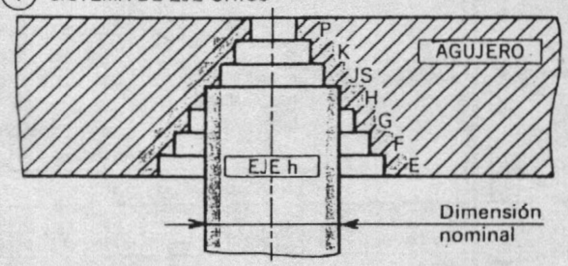
1° Se determina el juego o aprieto límite compatible con un funcionamiento correcto (evitar cualquier exceso de precisión inútil, ver gráfica contigua).

2° Se eligen de entre los normales y preferentemente de los utilizados con más frecuencia (ver tabla 14.24) el ajuste **ISO** que da el juego o aprieto que más se acerca a los valores que se han determinado en el punto anterior.

14■24 TOLERANCIAS FUNDAMENTALES IT EN MICRAS

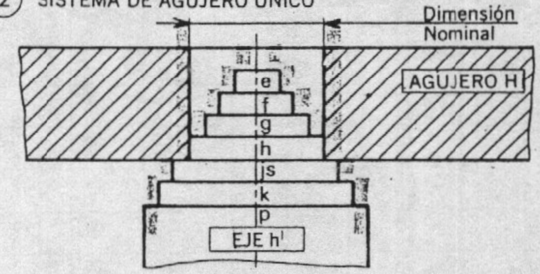
Calidad	Hasta 3 incluido	3 a 6 incluido	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72
9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460
13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720
14	250	300	360	430	520	620	740	870	1 000	1 150
15	400	480	580	700	840	1 000	1 200	1 400	1 600	1 850
16	600	750	900	1 100	1 300	1 600	1 900	2 200	2 500	2 900

(1) SISTEMA DE EJE ÚNICO

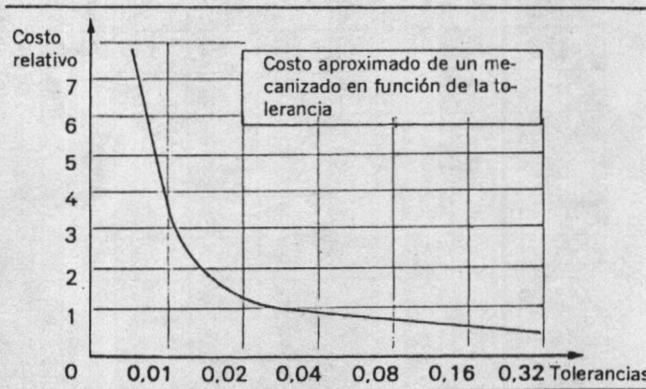


NOTA: El eje y el agujero están representados en su estado de máximo material

(2) SISTEMA DE AGUJERO ÚNICO



NOTA: El eje y el agujero están representados en su estado de máximo material



14▪25 AJUSTES DE USO CORRIENTE (FD R 910-11)

				Ejes*	H 6	H 7	H 8	H 9	H 11
Piezas móviles una en relación con la otra	Piezas cuyo funcionamiento requiere mucho juego (dilatación, mala alineación, apoyos muy largos, etc.).			c				9	11
				d				9	11
	Caso corriente de piezas que giran o deslizan sobre un casquillo o cojinete (engrase correcto asegurado).			e		7	8	9	
				f	6	6-7	7		
	Piezas con guiado preciso para movimientos de poca amplitud			g	5	6			
Piezas fijas una en relación con la otra	Posibilidad de montaje y desmontaje sin deteriorar las piezas	El acoplamiento no puede transmitir esfuerzos	Es posible el montaje a mano	h	5	6	7	8	
				js	5	6			
			Montaje con mazo de madera	k	5				
				m		6			
	Imposibilidad de desmontaje sin deteriorar las piezas	El acoplamiento puede transmitir esfuerzos	Montaje con prensa	p		6			
			Montaje con prensa o por dilatación (comprobar que las dilataciones a que se somete el metal no rebasen el límite elástico)	s			7		
				u			7		
				x			7		

14▪26 DESVIACIONES

Temperatura de referencia: 20 °C

AGUJEROS	Hasta 3 incluido	3 a 6 incluido	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250	250 a 315	315 a 400	400 a 500
D 10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190	+ 440 + 210	+ 480 + 230
F 7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56	+ 119 + 62	+ 131 + 68
G 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+ 17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17	+ 54 + 18	+ 60 + 20
H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0
H 7	+ 40 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0	+ 63 0
H 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0
H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0
H 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0	+ 210 0	+ 230 0	+ 250 0
H 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0	+ 360 0	+ 400 0
H 12	+ 100 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0	+ 520 0	+ 570 0	+ 630 0
H 13	+ 140 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 270 0	+ 330 0	+ 390 0	+ 460 0	+ 540 0	+ 630 0	+ 720 0	+ 810 0	+ 890 0	+ 970 0
J 7	+ 4 − 6	+ 6 − 6	+ 8 − 7	+ 10 − 8	+ 12 − 9	+ 14 − 11	+ 18 − 12	+ 22 − 13	+ 26 − 14	+ 30 − 16	+ 36 − 16	+ 39 − 18	+ 43 − 20
K 6	0 − 6	+ 2 − 6	+ 2 − 7	+ 2 − 9	+ 2 − 11	+ 3 − 13	+ 4 − 15	+ 4 − 18	+ 4 − 21	+ 5 − 24	+ 5 − 27	+ 7 − 29	+ 8 − 32
K 7	0 − 10	+ 3 − 9	+ 5 − 10	+ 6 − 12	+ 6 − 15	+ 7 − 18	+ 9 − 21	+ 10 − 25	+ 12 − 28	+ 13 − 33	+ 16 − 36	+ 17 − 40	+ 18 − 45
M 7	− 2 − 12	0 − 12	0 − 15	0 − 18	0 − 21	0 − 25	0 − 30	0 − 35	0 − 40	0 − 46	0 − 52	0 − 57	0 − 63
N 7	− 4 − 14	− 4 − 16	− 4 − 19	− 5 − 23	− 7 − 28	− 8 − 33	− 9 − 39	− 10 − 45	− 12 − 52	− 14 − 60	− 14 − 66	− 16 − 73	− 17 − 80
N 9	− 4 − 29	− 0 − 30	− 0 − 36	0 − 43	0 − 52	0 − 62	0 − 74	0 − 87	0 − 100	0 − 115	0 − 130	0 − 140	0 − 155
P 6	− 6 − 12	− 9 − 17	− 12 − 21	− 15 − 26	− 18 − 31	− 21 − 37	− 26 − 45	− 30 − 52	− 36 − 61	− 41 − 70	− 47 − 79	− 51 − 87	− 55 − 95
P 7	− 6 − 16	− 8 − 20	− 9 − 24	− 11 − 29	− 14 − 35	− 17 − 42	− 21 − 51	− 24 − 59	− 28 − 68	− 33 − 79	− 36 − 88	− 41 − 98	− 45 − 108
P 9	− 9 − 31	− 12 − 42	− 15 − 51	− 18 − 61	− 22 − 74	− 26 − 88	− 32 − 106	− 37 − 124	− 43 − 143	− 50 − 165	− 56 − 186	− 62 − 202	− 68 − 223

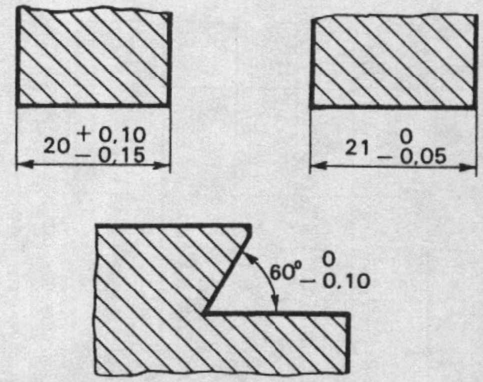
* Js = j (ver tabla página siguiente)

* Utilizar preferentemente las calidades coloreadas.

EJES	Hasta 3 incluido	3 a 6 incluido	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250	250 a 315	315 a 400	400 a 500
a 11	− 270 − 330	− 270 − 345	− 280 − 370	− 290 − 400	− 300 − 430	− 320 − 470	− 360 − 530	410 600	− 580 − 710	− 820 − 950	− 1 050 − 1 240	− 1 350 − 1 560	− 1 650 − 1 900
c 11	− 60 − 120	− 70 − 145	− 80 − 170	− 95 205	− 110 240	130 − 280	− 150 330	180 390	− 230 − 450	− 280 − 530	330 − 620	− 400 − 720	− 480 − 840
d 9	− 20 − 45	− 30 − 60	40 − 75	− 50 − 93	− 65 − 117	80 − 142	100 − 174	120 − 207	− 145 − 245	− 170 − 285	190 − 320	− 210 − 350	− 230 − 385
d 10	− 20 − 60	− 30 − 78	− 40 − 98	− 50 − 120	68 149	− 80 − 180	− 100 220	− 120 − 250	− 145 − 305	− 170 − 355	− 190 − 400	− 210 − 440	− 230 − 480
d 11	− 20 − 80	− 30 − 105	− 40 − 130	− 50 − 160	− 65 195	− 80 − 240	− 100 − 290	120 340	− 145 − 395	− 170 − 460	− 190 − 510	− 210 − 570	− 230 − 630
e 7	− 14 − 24	− 20 − 32	− 25 − 40	− 32 − 50	40 61	50 75	60 − 90	− 72 − 107	− 85 − 125	− 100 146	− 110 − 162	− 125 − 182	− 135 − 198
e 8	− 44 − 28	− 20 − 38	− 25 − 47	32 − 59	40 73	50 − 89	− 60 − 106	− 72 126	− 85 − 148	− 100 − 172	110 − 191	− 125 − 214	− 135 − 232
e 9	− 14 − 39	− 20 − 50	− 25 − 61	32 75	40 92	50 112	60 134	− 72 − 159	− 85 − 185	− 100 − 215	− 110 − 240	− 125 − 265	− 135 − 290
f 6	− 6 − 12	− 10 − 18	− 13 − 22	− 16 − 27	20 33	25 41	30 49	− 36 − 58	− 43 − 68	− 50 − 79	− 56 − 88	− 62 − 98	− 68 − 108
f 7	− 6 − 16	− 10 − 22	− 13 − 28	16 − 34	− 20 41	− 25 50	30 60	36 71	− 43 83	− 50 − 96	− 56 − 106	62 − 119	− 68 − 131
f 8	− 6 − 20	− 10 − 28	− 13 − 35	16 − 43	− 20 − 53	25 64	30 76	− 36 − 90	− 43 − 106	− 50 − 122	− 56 − 137	− 62 151	− 68 − 165
g 5	− 2 − 6	− 4 − 9	− 5 − 11	6 14	− 7 16	9 20	10 23	− 12 27	− 14 − 32	− 15 − 35	− 17 40	− 18 43	− 20 − 47
g 6	− 2 − 8	− 4 − 12	5 14	6 17	7 20	9 25	10 29	− 12 − 34	− 14 − 39	15 − 44	− 17 − 49	− 18 − 54	− 20 − 60
h 5	0 − 4	0 − 5	0 6	0 − 8	0 9	0 − 11	0 13	0 − 15	0 − 18	0 20	0 23	0 − 25	0 − 27
h 6	0 − 6	0 − 8	0 − 9	0 − 11	0 13	0 − 16	0 − 19	0 − 22	0 − 25	0 − 29	0 − 32	0 − 36	0 − 40
h 7	0 − 10	0 − 12	0 − 15	0 − 18	0 − 21	0 − 25	0 − 30	0 − 35	0 − 40	0 − 46	0 − 52	0 − 57	0 − 63
h 8	0 − 14	0 − 18	0 − 22	0 − 27	0 − 33	0 − 39	0 − 46	0 − 54	0 − 63	0 − 72	0 − 81	0 − 89	0 − 97
h 9	− 0 − 25	0 − 30	0 − 36	0 − 43	0 − 52	0 − 62	0 − 74	0 − 87	0 − 100	0 − 115	0 − 130	0 − 140	0 − 155
h 10	0 − 40	0 − 48	0 58	0 − 70	0 − 84	0 − 100	0 120	0 − 140	0 − 160	0 185	0 − 210	0 − 230	0 − 250
h 11	0 − 60	0 − 75	0 90	0 110	0 130	0 160	0 190	0 220	0 250	0 290	0 − 320	0 − 360	0 − 400
h 13	0 − 140	0 − 180	0 220	0 270	0 − 330	0 − 390	0 460	0 − 540	0 − 630	0 − 720	0 − 810	0 − 890	0 − 970
j 6	+ 4 − 2	+ 6 − 2	+ 7 2	+ 8 3	+ 9 4	+ 11 5	+ 12 − 7	+ 13 9	+ 14 − 11	+ 16 − 13	+ 16 − 16	+ 18 − 18	+ 20 − 20
j 5	± 2	+ 2,5	+ 3	+ 4	+ 4,5	+ 5,5	+ 6,5	+ 7,5	+ 9	+ 10	± 11,5	± 12,5	± 13,5
j 6	+ 3	+ 4	+ 4,5	+ 5,5	+ 6,5	+ 8	+ 9,5	+ 11	+ 12,5	+ 14,5	+ 16	+ 18	± 20
j 9	+ 12	± 15	+ 18	+ 21	+ 26	+ 31	+ 37	+ 43	+ 50	+ 57	+ 65	± 70	± 77
j 11	+ 30	+ 37	+ 45	+ 55	+ 65	+ 80	+ 95	+ 110	+ 125	± 145	+ 160	+ 180	± 200
k 5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4	+ 32 + 5
k 6	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 2	+ 18 + 2	+ 21 + 2	+ 25 + 3	+ 28 + 3	+ 33 + 4	+ 36 + 4	+ 40 + 4	+ 45 + 5
m 5	+ 6 + 2	+ 9 + 4	+ 12 + 6	+ 15 + 7	+ 17 + 8	+ 20 + 9	+ 24 + 11	+ 28 + 13	+ 33 + 15	+ 37 + 17	+ 43 + 20	+ 46 + 21	+ 50 + 23
m 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 11	+ 35 + 13	+ 40 + 15	+ 46 + 17	+ 52 + 20	+ 57 + 21	+ 63 + 23
n 6	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12	+ 28 + 15	+ 33 + 17	+ 39 + 20	+ 45 + 23	+ 52 + 27	+ 60 + 31	+ 66 + 34	+ 73 + 37	+ 90 + 40
p 6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56	+ 98 + 62	+ 108 + 68

15 Indicación de tolerancias dimensionales

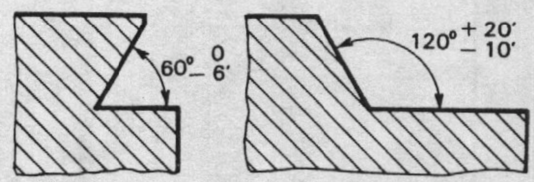
NF E 04-120



15■1 Tolerancias que no se ajustan al sistema ISO

15■11 Norma general

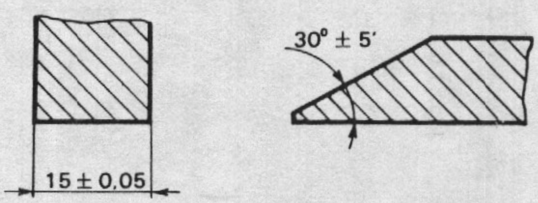
Inscribir las dos desviaciones una debajo de la otra, anotando primero la correspondiente al límite superior. Indicarlas con su signo y en la misma unidad que la cota nominal y con el mismo número de decimales. En el caso de una desviación nula, no poner signo ni decimales (60° $_{0\,10}$ = 60° $_{6}$)



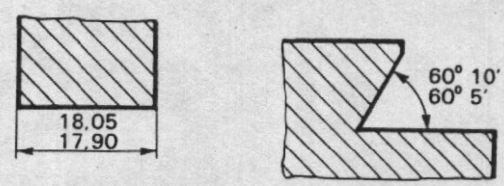
15■12 Casos particulares

El empleo del minuto y del segundo de arco se admite para las diferencias de dimensiones angulares expresadas en grados.

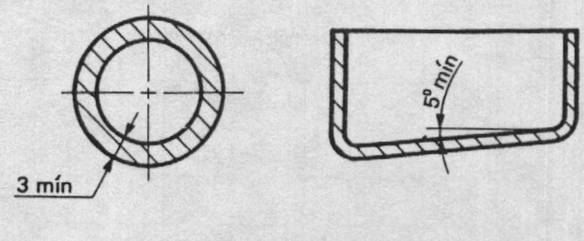
Si las diferencias son simétricas con respecto a la cota nominal solamente se debe indicar su valor una vez precedido del signo ±.



Excepcionalmente se pueden indicar las dos cotas límite.



Si solamente se exige una cota límite, indicar a continuación de la misma «mín» o «máx» (abreviaturas de mínimo y máximo).



15■13 Tolerancias «máximo material»

En este sistema la cota nominal* corresponde a la cota que señala el máximo de material tolerado para la pieza.

OBSERVACIONES:

- **Una de las diferencias siempre es nula:** es por ello que esta forma de indicar la tolerancia se llama a veces **«tolerancia con cero obligado».**
- **Este modo de indicar las tolerancias es muy apreciado en los talleres** a la hora de ajustar las máquinas, al saber que si el ajuste es algo duro, la pieza quedará dentro de las tolerancias. **La tolerancia proporciona una reserva de material.**

15■2 Tolerancias según el sistema ISO

Inscribir a continuación de la cota nominal el símbolo de la tolerancia elegida (capítulo 14). Dicho símbolo se complementa en general con el valor numérico de las diferencias.

Se indican estas diferencias:

- bien entre paréntesis después del símbolo (fig. contigua),
- bien agrupadas con otras diferencias en un cuadro general (ejemplo a continuación).

25 f7	– 0,020 – 0,041
30 g 6	– 0,007 – 0,020

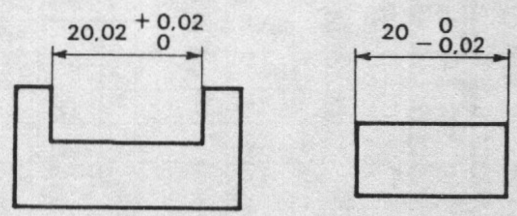
De esta forma se evita que los distintos usuarios del dibujo tengan que consultar una tabla de tolerancias consiguiéndose así una organización más racional y un ahorro global de tiempo, apreciable.

15■3 Indicación de las tolerancias

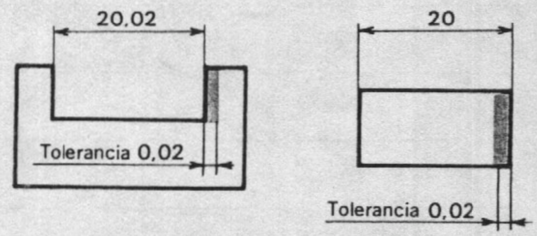
La figura contigua muestra dos posibilidades de inscripción a tenor del espacio disponible.

* Ver § 14.21.

NOTACIÓN DE LA TOLERANCIA

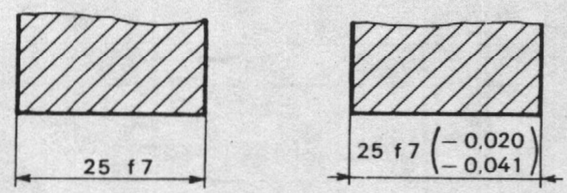


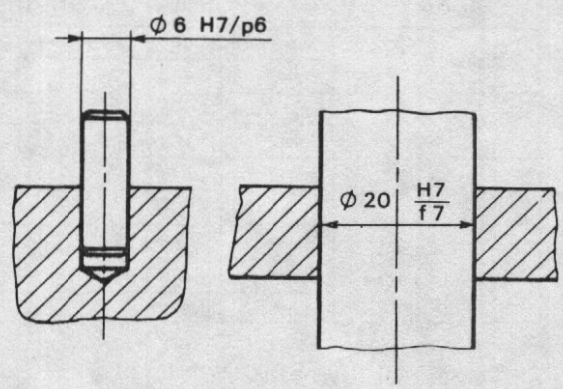
DIMENSIÓN AL MÁXIMO DE MATERIAL



NOTACIÓN SIMPLIFICADA

NOTACIÓN COMPLETA





15■4 Tolerancias compatibles con los procesos de elaboración

PIEZAS MOLDEADAS EN ARENA	Dimensión máxima de la pieza	NF A 32-011 Dimensiones de las barras en mm						
		⩽ 25	25 a 63	63 a 100	100 a 160	160 a 250	250 a 400	400 a 630
Tolerancia para piezas de fundición gris no aleada (tolerancias amplias)	hasta 250	± 1	± 1,5	± 2	± 2,5	± 3		
	de 250 a 630	± 1,5	± 2	± 2	± 2,5	± 3	± 4	± 4,5
	de 630 a 1600	± 2	± 2,5	± 3	± 3,5	± 4	± 4,5	± 5,5

PROCEDIMIENTOS ESPECIALES	Tolerancias en % para dimensiones inferiores a 250 mm
Procedimiento con arena autosecante	± 0,5 % con una tolerancia mínima de ± 0,5 mm
Procedimiento Schaw	± 0,3 % con una tolerancia mínima de ± 0,1 mm
Procedimiento a cera perdida	± 0,2 % con una tolerancia mínima de ± 0,05 mm
En coquilla por gravedad	± 0,5 % con una tolerancia mínima de ± 0,2 mm
En coquilla a presión	± 0,3 % con una tolerancia mínima de ± 0,1 mm

PIEZAS OBTENIDAS POR DEFORMACIÓN	Dimensiones de las barras en mm						
	⩽ 50	50 a 80	80 a 200	200 a 315	315 a 400	400 a 500	500 a 630
Forjado	± 3	± 3	± 4	± 6	± 8	± 9	± 10
Matrizado	± 0,5	± 1	± 1	± 1,5	± 2	± 2,5	± 2,5

PIEZAS OBTENIDAS A PARTIR DE CHAPA

Unión por soldadura	± 2 milímetros por metro con una tolerancia mínima de ± 1 mm		Serrado	± 1 milímetro por metro con una tolerancia mínima de ± 0,5 mm
Estampado (en la prensa)	De precisión	IT 7 a IT 8	Chapistería Calderería	± 0,5 milímetros por metro con una tolerancia mínima de ± 0,3 mm
	Corriente	IT 9 a IT 10		

PIEZAS OBTENIDAS POR ARRANQUE DE VIRUTA

Taladrado	De precisión	IT 5 a IT 7	Escariado	Medio	IT 10 a IT 11
	Medio	IT 8		Corriente	IT 12
Brochado	De precisión	IT 5 a IT 7	Cepillado	De precisión	IT 8 a IT 9
	Medio	IT 8 a IT 9		Medio	IT 10
Electro-erosión	De precisión	0,05	Rectificado	De precisión	IT 5 a IT 7
	Medio	0,10		Medio	IT 8
Fresado	De precisión	IT 6 a IT 7	Torneado	De precisión	IT 6 a IT 7
	Medio	IT 8 a IT 9		Medio	IT 8 a IT 9
	Corriente	IT 10		Corriente	IT 10

- Cuadro de las IT ver página 44.
- Los valores de este cuadro se dan a título de primera orientación. No pueden sustituir la consulta al fabricante.

16 Estados superficiales

NF E 05-015   NF E 05-016

El que una pieza sea apta para una función dada depende de un conjunto de condiciones especialmente de sus estados superficiales. Por ejemplo, el examen de la figura 1, muestra que la estanqueidad y el desgaste de la junta son esencialmente función del estado superficial del interior del cilindro.

16.1 Generalidades

Superficie de un cuerpo: es el conjunto de puntos que delimitan una porción del espacio.

La superficie de una pieza mecánica está formada por una o más superficies elementales. Por ejemplo en la pieza de la figura 2 se distinguen:

- una superficie cilíndrica,
- dos superficies planas.

Superficie geométrica: es una superficie perfecta. Se define geométricamente por cotas nominales. Por ejemplo, para la superficie cilíndrica: Ø 30.

Superficie especificada: es la superficie geométrica afectada de tolerancias de fabricación.

Superficie real: es la superficie que se obtiene con los procedimientos de fabricación. En la figura 2 se ve (al ampliar los defectos), que la superficie real difiere sensiblemente de la superficie geométrica.

Superficie medida: la superficie medida es el resultado de la exploración, con la ayuda de instrumentos de medida, de la superficie real.

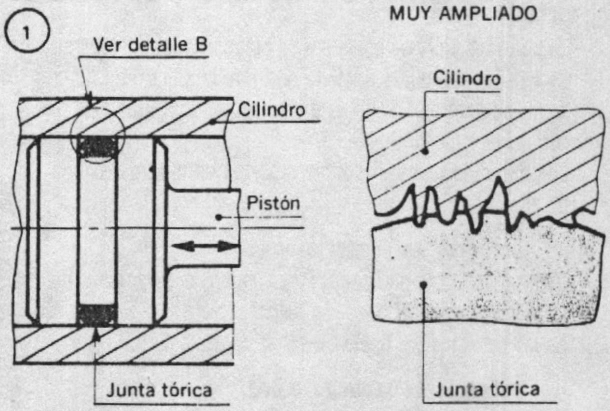
Por ejemplo, con el aparato representado en la figura 3, hay momentos en los que el palpador no llega al fondo de la superficie real. Ello explica, en parte, la diferencia existente entre la superficie real y la superficie medida. Los diversos tipos de instrumentos y las distintas técnicas de medición pueden dar a partir de una misma superficie real, superficies de medida diferentes. Por ello es necesario indicar sobre el plano o en el pliego de condiciones:

- el aparato de medida elegido,
- las condiciones en que debe efectuarse la verificación.

Otro procedimiento de verificación consiste en comparar la superficie a verificar con una plantilla de superficie de acuerdo con el valor exigido y a la forma de ejecución empleada (ver fig. 3).

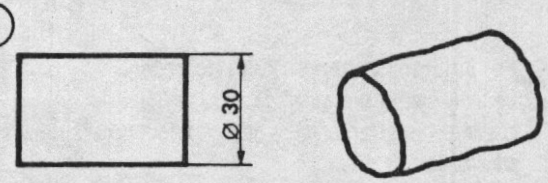
CONJUNTO PARCIAL DE BOMBA   DETALLE B MUY AMPLIADO

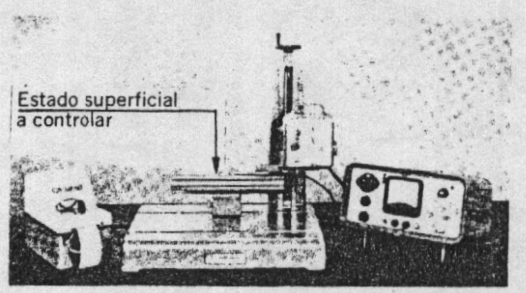
1



SUPERFICIE GEOMÉTRICA   SUPERFICIE REAL

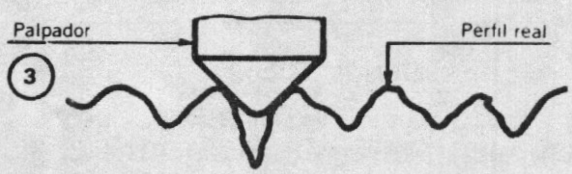
2

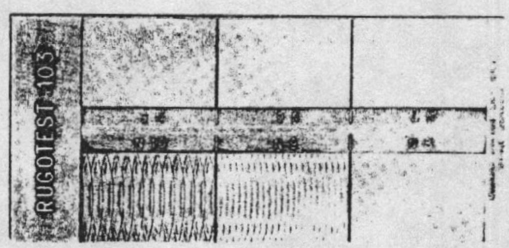




Detalle muy ampliado de la operación de palpado

3





Fotos Forges de Vulcain

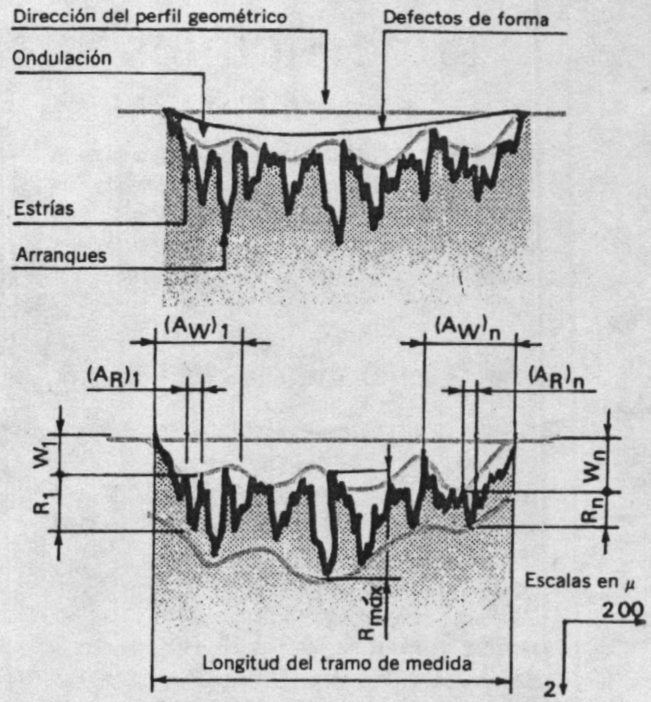
16■2 Examen de una superficie

Si una superficie se corta por un plano normal a la misma se obtiene una curva llamada perfil de la superficie. Es a partir de este perfil que se examinan los distintos defectos de la superficie.
Los defectos geométricos se reparten en cuatro órdenes de magnitud.

■ **Defectos de primer orden.**
Son los defectos de forma. Por ejemplo: desviaciones de alineación, desviaciones de redondez, etc.
Estos defectos se estudian en el capítulo 17.

■ **Defectos de segundo orden.**
Se caracterizan por una línea ondulada. Se obtienen trazando la envolvente superior que pasa por la mayor parte de los salientes.

■ **Defectos de tercer y cuarto orden.**
Caracterizan la rugosidad de la superficie.
Los defectos de tercer orden son los defectos constituidos por las estrías o surcos.
Los defectos de cuarto orden son defectos aperiódicos formados por arranques, muescas, etc.



16■3 Criterios de estado geométrico

Los criterios afectan a los defectos geométricos de segundo y cuarto grado. El estudio se limita a los criterios utilizados con más frecuencia en la industria.
La unidad de medida para los mismos es la micra (μ).

1 micra = 0,001 mm = 40 micropulgadas
1 micropulgada = 0,025 micras = 0,000025 mm

16■31 Criterios físicos

■ **Profundidad media de ondulación W**
Es la medida de las distancias cresta-fondo de las desviaciones de segundo orden.

$$W \approx \frac{W_1 + \ldots\ldots + W_n}{n} \quad \textbf{siendo } n \geq 3$$

■ **Profundidad de rugosidad R**
Es la medida de las distancias cresta-fondo de las desviaciones de tercer y cuarto orden.

$$R \approx \frac{R_1 + \ldots\ldots + R_n}{n} \quad \textbf{siendo } n \geq 8$$

En la práctica se puede trazar el perfil inferior pasando por la mayoría de las cavidades. La profundidad media de rugosidad R es la media de las distancias entre la ondulación y el perfil inferior.

Profundidad máxima de rugosidad $R_{máx}$.
Es la distancia máxima entre una cavidad y la cresta adyacente más elevada de las desviaciones de tercer y cuarto orden.

Paso de la ondulación A_W.
Es la medida de las distancias cresta-cresta de las desviaciones de segundo orden.

$$A_W \approx \frac{(A_W)_1 + \ldots\ldots + (A_W)_n}{n} \quad \textbf{siendo } n \geq 3$$

Paso medio de la rugosidad A_R.
Es la media de las distancias cresta-cresta de las desviaciones de tercer y cuarto orden.

$$A_R \approx \frac{(A_R)_1 + \ldots\ldots + (A_R)_n}{n} \quad \textbf{siendo } n \geq 8$$

El paso medio de la rugosidad es función del avance por vuelta de la herramienta o de la pieza.

16■32 Criterios estadísticos

Para estudiar estos criterios se establece un registro gráfico.

La curva se obtiene tomando en un sistema de coordenadas rectangulares:

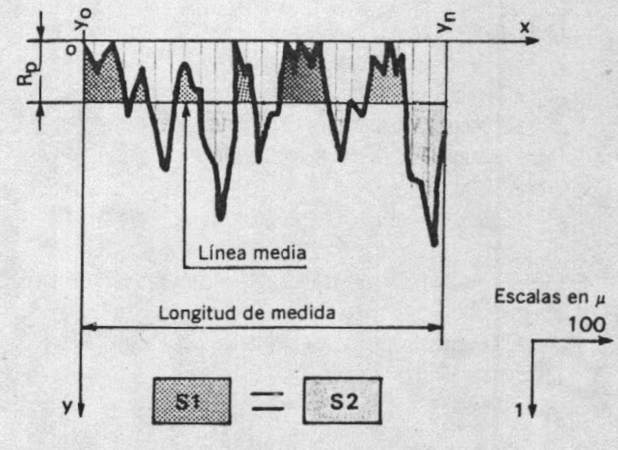
- sobre el eje **ox**, las abscisas **x** medidas a lo largo del tramo de medida.
- sobre el eje **oy**, las ordenadas **y** correspondientes entre el perfil medido y la ondulacion.

■ **Profundidad de allanamiento R_p.**

Es la medida de todas las distancias y medidas anteriormente.

$$R_p = \frac{1}{l}\int_0^l y.dx \qquad R_p \approx \frac{y_0 + \dots\dots + y_n}{n}$$

R_p representa la ordenada de la línea media tal que la suma de las superficies S_1, situadas a un mismo lado de dicha línea, y la suma de las superficies S_2 situadas al otro lado son iguales.



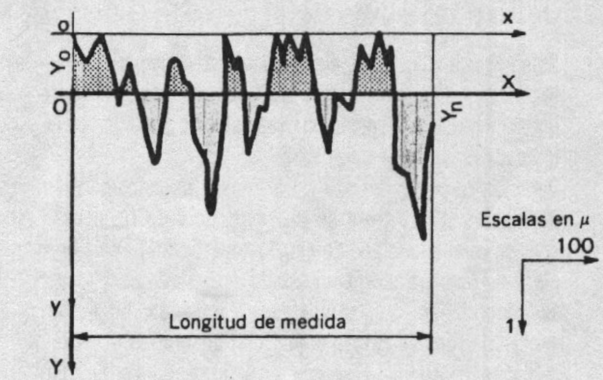
■ **Desviación media aritmética con relación a la línea media R_a.**

Hagamos una traslación del eje ox tal que coincida con la línea media.

Sean **OX** y **OY** el nuevo sistema de ejes.

R_a es igual a la media aritmética calculada sobre tramo de medida del valor absoluto de la ordenada Y entre cada punto de la curva controlada y el eje OX.

$$R_a = \frac{1}{l}\int_0^l |Y| dX \qquad R_a \approx \frac{|Y_0| + \dots\dots + |Y_n|}{n}$$



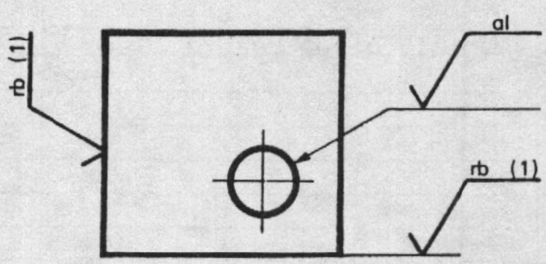
16■4 Indicador de los estados superficiales en los dibujos

16■41 Superficie sin función específica

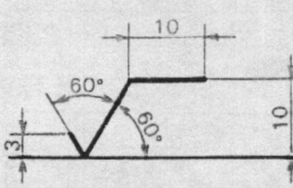
Una superficie bruta, tanto si ha de ser mecanizada como si no, no llevará ningún signo.

Una superficie que deba ser posteriormente mecanizada según instrucciones puede estar afectada:

- ■ del signo que se indica en la figura contigua.
- ■ del símbolo de mecanizado (ver cuadro pág. 52).
- ■ eventualmente de especificaciones complementarias por medio de notas marcadas (1), (2), etc.



NOTA (1):
avance máximo 0,8



Proporciones a respetar

16■42 Superficie con función específica

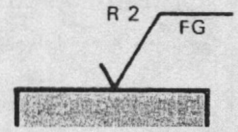
Obligatoriamente hay que indicar:

- un signo (idéntico al de § 16-41),
- el símbolo de la función (ver cuadro pág. 53),
- el símbolo y valor numérico del criterio característico (para la mayoría de aplicaciones se toma R o R_a)

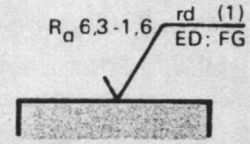
y eventualmente:

- el símbolo y el valor numérico de un segundo criterio de perfil,
- el símbolo del proceso de fabricación (ver tabla inferior),
- especificaciones complementarias por medio de notas marcadas (1), (2), etc.

INDICACIONES MÍNIMAS OBLIGATORIAS



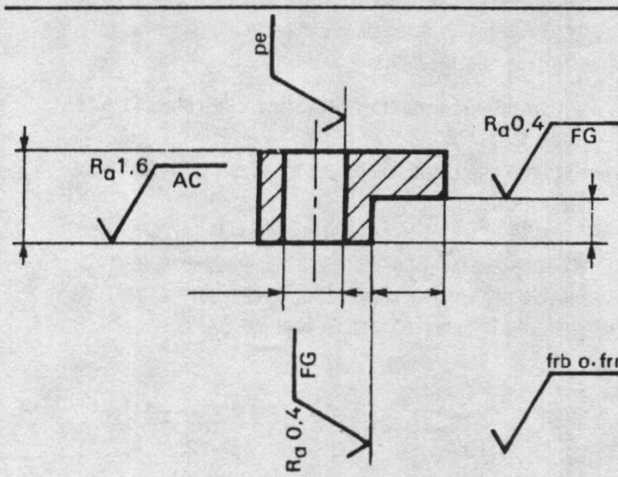
FG: superficie de rozamiento deslizante.
R2: profundidad media de rugosidad R igual o menor a 2μ.



ED; FG: superficie de estanqueidad dinámica y de rozamiento deslizante, R_a 6,3–1,6: la desviación media aritmética de la rugosidad R_a debe estar comprendida entre 6,3 y 1,6 μ : procedimiento de elaboración (lapeado). NOTA (1) antes del lapeado hay que proceder a un rectificado plano, después del cual, la calidad de la superficie debe ser R_a 0,1; R_{max} 0,8.

16■5 Empleo de los símbolos de estado superficial

Solo hay que colocar los símbolos de estado superficial en los dibujos de definición del producto acabado, nunca en los conjuntos. La disposición debe estar de acuerdo con la indicada en la figura contigua.
Ponerlas en una sola vista y próximos a las cotas correspondientes. Si se trata de una superficie de revolución sólo se coloca un signo de estado superficial. Si para una pieza se requiere el mismo estado superficial para todas sus superficies, con sólo alguna excepción, se puede anotar el signo de estado superficial general en la proximidad del cajetín, o, aún mejor, en el interior del mismo en un lugar reservado al efecto



SIMBOLOS NORMALIZADOS DE PROCED. DE ELABORACIÓN*				Moldeo en arena	mos
Escariado	al	Fresado plano	frr	Taladrado	pe
Brochado	br	Forjado	fo	Desbarbado al bombo con piedras	pi
Cizallado	de	Pulido	ga	Bruñido	po
Planeado	dr	Rasqueteado	gr	Cepillado	rb
Electro-erosión	éé	Cincelado	gna	Rectificado cilíndrico	rcc
Moldeo eléctrico	éf	Granallado	gns	Rectificado plano	rcp
Pulido electrolítico	ep	Refrentado	lm	Lapeado	rd
Estampado	es	Laminado en caliente	lac	Arenado húmedo	sah
Afilado con muela	ei	Laminado en frío	laf	Arenado en seco	sas
Estirado	et	Matrizado	ma	Serrado	sc
Roscado	fl	Moldeo	me	Superacabado	sf
Fresado frontal	frb	Moldeo en coquilla	moc	Torneado	to

* En Francia. En España de acuerdo con la Norma UNE 1-037-75, punto 3.2.2, se escribe completo el procedimiento de elaboración.

Suport	Función	Símbolo	Condición	Ejemplo de aplicación	R_a	R
Con desplazamientos relativos	Rozamiento de deslizamiento	FG (1)	Media	Cojinetes-Asientos de ejes	0,8	4
			Difícil	Corredor de máquinas-herramientas	0,4	2
	Rozamiento de rodadura	FR (2)	Media	Rodillos de rodadura	0,4	2
			Difícil	Camino de rodadura de cojinetes de bolsas	0,02	0,1
	Resitencia al biselado	RM	Media	Levas de tornos automáticos	0,4	2
			Difícil	Extremidades de varillas de empuje	0,10	0,5
	Rozamiento fluido	FF	Media	Conductos de alimentación	6,3	32
			Difícil	Chiclés	0,2	1
	Estanqueidad dinámica	ED (3)	Media	Asientos para juntas circulares en V (ver § 44■242)	0,8	4
			Difícil	Asientos para juntas de 4 lóbulos (ver § 44■26)	0,4	2
Con montaje fijo	Estanqueidad estática	ES (3)	Media	Superficies estancas con junta plana	1,6	8
			Difícil	Superficies estancas bruñidas-sin juntas	0,1	0,5
	Montaje fijo (tensiones débiles)	AF (4)	Media	Asientos, centrajes de piezas fijas desmontables	3,2	16
			Difícil	Asientos y centrajes precisos	1,6	8
	Montaje fijo (con tensiones)	AC	Media	Asientos de cojinetes	1,6	8
			Difícil	Asientos de rodamientos	0,8	4
	Adherencia (collage)	AD		Fijación con pegamento «Loctite»	0,8 à 3,2	4 à 16
Sin tensión	Recubrimiento electrolítico	DE		Indicar la rugosidad requerida por la función, después del recubrimiento		
	Medición	ME	Media	Caras de calibres de taller	0,1	0,5
	Revestimiento (pintura)	RE				
Con tensión	Resistencia a esfuerzos alternativos	EA	Media	Mandrinado de cárteres	1,6	8
			Difícil	Barras de torsión	0,8	4
	Herramientas de corte (arista)	OC	Media	Herramientas en acero rápido	0,4	2
			Difícil	Herramientas carburadas	0,2	0,8

(1) Dentado de engranajes, ver § 47■5.
(2) Ver también el capítulo 40 relativo a rodamientos.
(3) Ver también el capítulo 44 relativo a retenes.
(4) Símbolo no normalizado, recordar su significación en cada plano.

■ Relación aproximada entre R y R : R ≈ 5R
■ En la mayor parte de los casos los valores relativos de los criterios se ajustan a las relaciones siguientes: R ≤ 2R; W ≤ 2R
■ El intérvalo de tolerancia IT debe ser superior a 10R

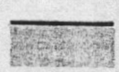
Los valores de esta tabla no están normalizados. Se dan solamente a título indicativo

16■6 Signos de mecanizado

Está normalizado el definir un estado superficial, mediante símbolos cualitativos* llamados «signos de mecanizado».

Ejecución gráfica
El espesor de los trazos de los signos de mecanizado es aproximadamente la mitad de la línea llena gruesa. Su altura varía entre 3 y 5 mm según el dibujo.

①



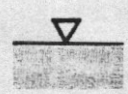
Superficie en bruto y basta, que puede presentar una costra irregular. La falta de signo tiene esta significación si el dibujo lleva sobre otras superficies signos de mecanizado.

②



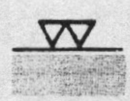
Superficie en bruto y alisada conservando el aspectos superficial y las dimensiones.

③



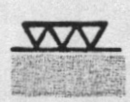
Superficie bien desbastada, con buen aspecto. El mecanizado ha dejado marcas irregulares claramente apreciables al tacto o a simple vista.

④



Superficie mecanizada con exigencia de corrección geométrica (planicidad redondez, etc.). **Pero sin exigencias de correcciones de rozamiento.** Marcas apenas visibles a simple vista.

⑤



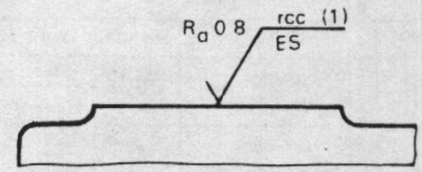
Superficie mecanizada con exigencia de buena corrección geométrica y de buenas condiciones de rozamiento. Las marcas de mecanizado son invisibles a simple vista.

(*) Ver léxico

Indicación de los signos de mecanizado

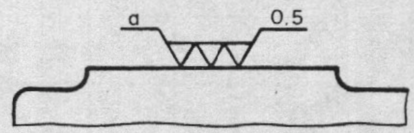
Las normas para la indicación de los signos de mecanizado son idénticas a las de los signos de estado superficial (ver § 16.5), pero se colocan siempre fuera de la pieza.

1



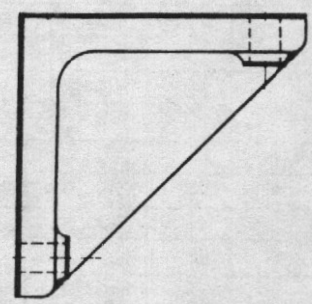
NOTA (1): Excedente antes del rectificado del cilindro: 0,3.

2



a = rectificado cilíndrico.

3



16.7 Sobreespesores de mecanizado

Son los servicios de fabricación los que fijan habitualmente el valor de los sobreespesores de mecanizado. No obstante si el diseñador considera necesario indicarlos, puede hacerlo:

- mediante los signos de estado superficial, empleando notas de especificaciones complementarias (ver fig. 1),
- mediante signos de mecanizado y anotando sobre una línea unida al signo, el valor en milímetros del sobreespesor de mecanizado (ver fig. 2). El procedimiento de acabado puede ser indicado explícitamente o simbolizado por una letra, cuya significación debe ser explicada en una leyenda.

OBSERVACIONES:

- **Para una superficie de revolución, el sobreespesor se refiere al radio.**
- Las superficies afectadas de un sobreespesor pueden hacerse resaltar **doblando el espesor del trazo.**

SOBREESPESOR DE MECANIZADO PARA PIEZAS MOLDEADAS	Dimensión mayor de la pieza	NF A 32-011 Dimensiones de los apoyos en mm						
		⩽ 25	25 a 63	63/100	100/160	160/250	250/400	400/630
Piezas moldeadas en fundición gris no aleada (sobreespesores usuales)	hasta 250	4	4,5	5	5,5	6		
	de 250 a 630	4,5	5	5	5,5	6	7	7,5
	de 630 a 1600	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8,5

– El sobreespesor de las **caras de referencia** es de 3 mm si la dimensión de la pieza es superior a 250 mm y de 2 mm si es inferior.
– El cuadro puede ser empleado como primera estimación para otros materiales.
– Es aconsejable un acuerdo previo entre el constructor y el fundidor. Para piezas complicadas, es indispensable.

SOBREESPESOR DE MECANIZADO PARA PIEZAS «EN GENERAL»	Antes de la mecanización	Mecanizado		Sobreespesor
	Pieza en bruto laminada o forjada	Con herramienta de cobre		2 a 3 mm
El sobreespesor aumenta con las dimensiones de las piezas. Este cuadro da un orden de magnitud de los sobreespesores de mecanizado para piezas inferiores a 250 mm	Superficie mecanizada con herramienta de corte	Con herramienta de corte		0,5 aprox.
		Rectificado normal	plana	0,3 (constante)
			cilíndrica	0,2 a 0,5
	Superficie mecanizada con herramienta de corte o por rectificado	Con herramienta de corte	carburo	0,2 a 0,5
			diamante	0,02 aprox,
		Rectificado fino		0,1 a 0,3
		Bruñido		0,01 a 0,05

RUGOSIDADES OBTENIDAS POR ACABADOS NATURALES Y MECANIZADOS SIN ARRANQUE DE VIRUTA

16.39	R_a EN MICRAS	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,20	0,10	0,05	0,025
Pulido													
Estampado													
Forjado													
Granallado													
Laminado	rascado-extrusión en caliente												
	trefilado-estirado en frío												
Matrizado	en caliente												
	en frío												
Fundición	en arena												
	a cera perdida - proced. Shaw												
	en coquilla por gravedad												
	en coquilla a presión												
Arenado													

16.40	SIGNOS DE MECANIZADO			▽		▽▽				▽▽▽			

RUGOSIDADES OBTENIDAS POR MECANIZADO CON ARRANQUE DE VIRUTA

	R_a EN MICRAS	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,20	0,10	0,05	0,025
Mandrinado	con útil de acero												
	con útil carburado o diamantado												
	con mandril												
Brochado													
Punzonado													
Electroerosión													
Fresado	frontal												
	plano												
Rasquetado													
Limado													
Rectificado	a mano												
	con disco												
	electrolítico												
Mortajado													
Oxicorte													
Taladrado con broca													
Bruñido	mecánico												
	electrolítico												
Cepillado													
Rectificado	cilíndrico												
	plano												
	con diamante												
Esmerilado	con piedra												
	con utillaje												
Aserrado													
Superacabado													
Tallado	con fresa de módulo												
	con fresa madre												
Torneado	herramienta de acero												
	herramt. de carburo o diamante												

Valores corrientes — Valores excepcionales

Valores no normalizados dados a título indicativo

17 Tolerancias geométricas

NF E 04-121 ISO 1101

Las tolerancias geométricas afectan a la forma y posición de un elemento. Se distinguen de las tolerancias dimensionales por la forma de consignarlas y por el hecho de que no afectan directamente a una dimensión lineal o angular.

EJEMPLO:

La superficie **F** puede estar afectada de tres tolerancias:

- una tolerancia de forma **a** limitando el defecto de planicidad.
- una tolerancia de paralelismo **b** entre la superficie **F** y la superficie F de referencia **A**,
- una tolerancia dimensional **C** definiendo las distancias mínimas y máximas entre **F** y **R**.

17■1 Indicación

El elemento de referencia se señala por un triángulo lleno o no.

El elemento al que se refiere la tolerancia se indica por una flecha.

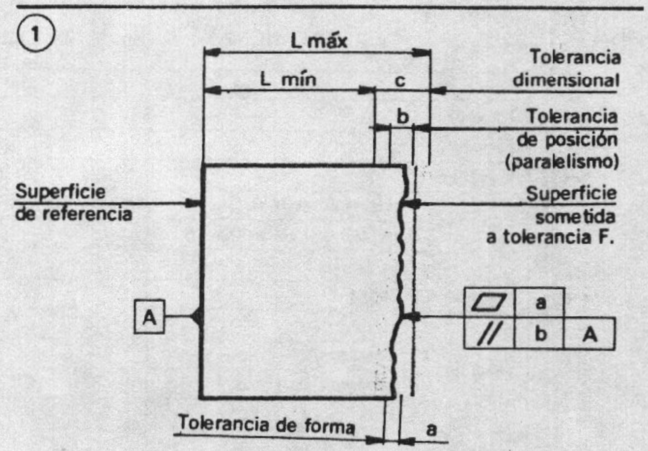
Según la posición del triángulo o de la flecha se distinguen tres casos:

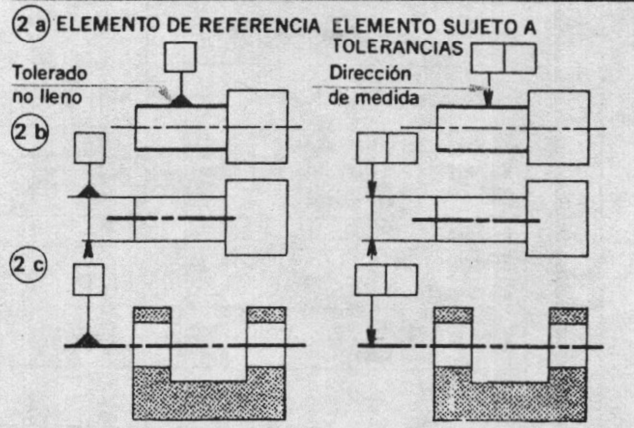
- si el triángulo o la flecha se aplican sobre el elemento o sobre una línea de referencia, la tolerancia se refiere al elemento en sí (fig. 2b);
- si el triángulo o la flecha se aplican en la prolongación de la línea de cota, la tolerancia se refiere al eje o plano medio acotado (fig. 2b);
- si el triángulo o la flecha están sobre un eje o sobre un plano medio, la anotación o la referencia se refieren al eje o plano medio de todos comunes a los mismos (fig. 2c).

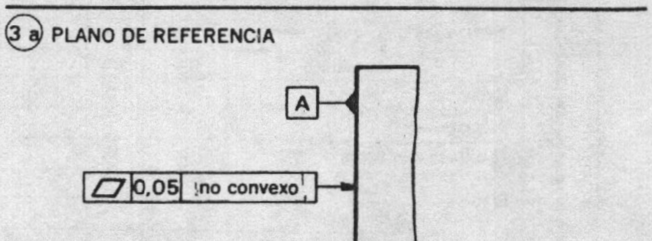
OBSERVACIONES:

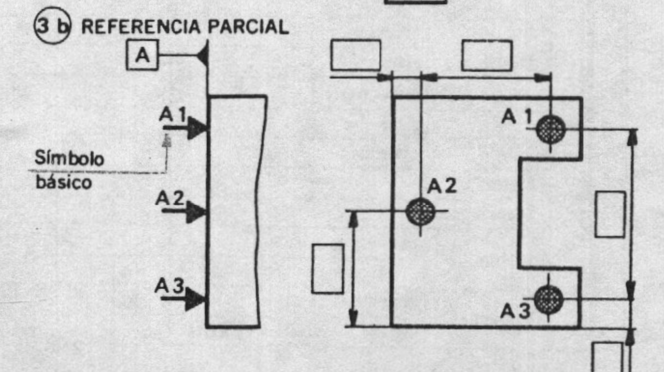
Los defectos de forma del elemento de referencia deben ser despreciables en relación con los defectos a controlar. Ello puede requerir:

- prescribir una tolerancia de forma restrictiva para la superficie de referencia (fig. 3a),
- señalar la posición de unos puntos, que definirán geométricamente la superficie de referencia. Se utiliza, para este fin, un símbolo básico que expresa la eliminación geométrica de un grado de libertad. Este símbolo puede ser proyectado y su proyección acotarse (fig. 3b).



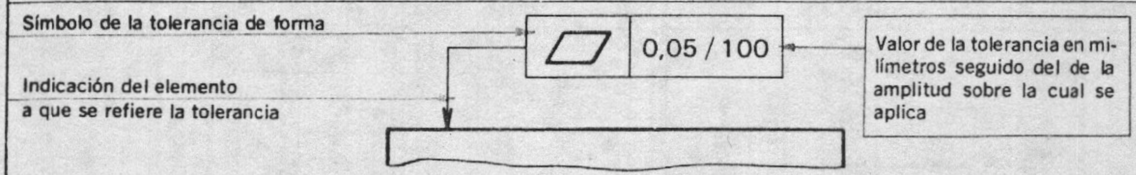






17▪2	TOLERANCIAS DE FORMA					
SÍMBOLO	⌓	⌒	▱	—	⌭	○
SIGNIFICACIÓN	**Forma de una superf. cualquiera**	**Forma de una línea cualquiera**	**Planicidad**	**Rectitud**	**Cilindridad**	**Redondez**
Tolerancia amplia*	–	–	0,1 mm/m	0,1 mm/m	0,04 mm/m	IT 8
Tolerancia reducida*	–	–	0,04 mm/m	0,02 mm/m	0,02 mm/m	IT 5

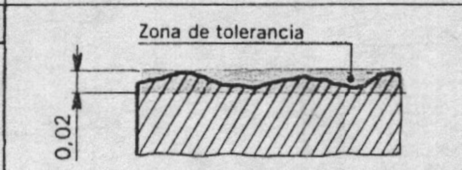
INDICACIONES EN LOS DIBUJOS

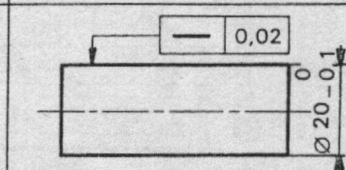


EXPLICACIÓN	ILUSTRACIÓN DE LA TOLERANCIA	EJEMPLO DE APLICACIÓN

Rectitud

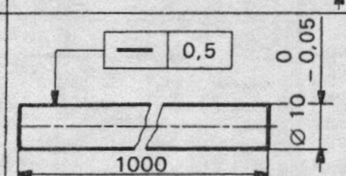
La generatriz del cilindro debe estar comprendida entre dos rectas paralelas distantes entre sí 0,02 mm y contenidas en un plano pasando por el eje.





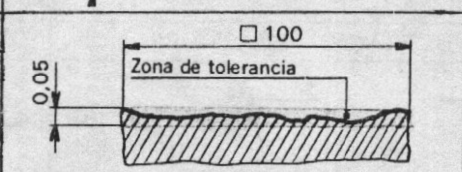
El uso a que se destina permite un defecto de rectitud superior al de la tolerancia dimensional. En este caso no se respeta el principio de Taylor (pág. 42).
Se verifican dimensionalmente las secciones y después se verifica la rectitud.

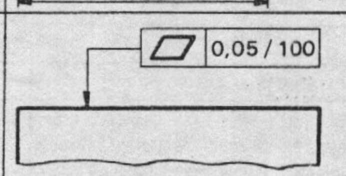




Planicidad

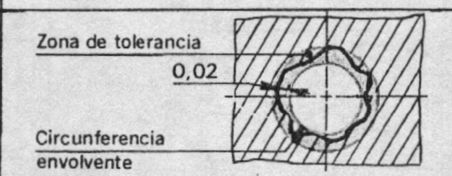
Cualquier parte de la superficie ha de estar comprendida entre dos porciones de planos paralelos separados entre sí 0,05 mm y de forma cuadrada de 100 mm.

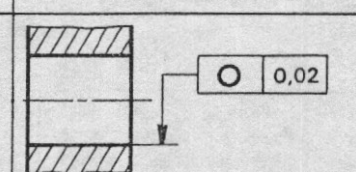




Circularidad

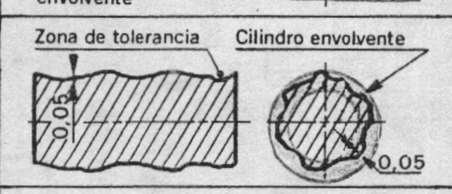
El perfil de toda sección recta debe estar comprendida entre dos circunferencias concéntricas cuyos radios difieran en 0,02.

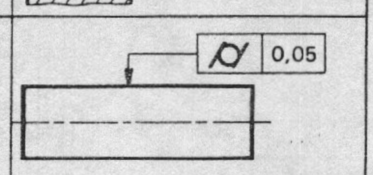




Cilindridad

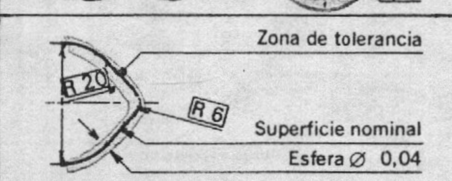
La superficie debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales cuyos radios difieran en 0,05.

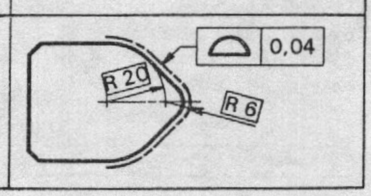




Forma de una superficie cualquiera

La superficie sujeta a tolerancia debe estar comprendida entre dos superficies envolventes del conjunto de esferas de Ø 0,04 cuyos centros se hallan sobre la superficie geométrica nominal.





* Los valores se dan como primera estimación para aplicaciones corrientes.

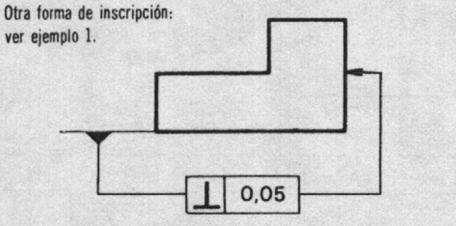
17■3 TOLERANCIAS DE POSICIÓN

SÍMBOLO	∠	//	⊥	⌖	◎	⌯
SIGNIFICACIÓN	Inclinación	Paralelismo	Perpendicularidad	Posición	Coaxilialidad o concentridad	Simetría
Tolerancia amplia*	0,4 mm/m	IT 9	0,4 mm/m	IT 11	0,02	IT 11
Tolerancia reducida*	0,1 mm/m	IT 5	0,1 mm/m	0,02	0,005	0,02

INDICACIONES EN LOS DIBUJOS

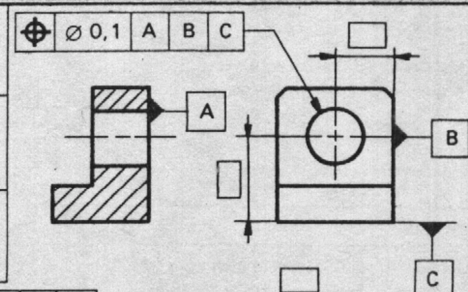
Referencia definida por un solo elemento

Otra forma de inscripción: ver ejemplo 1.

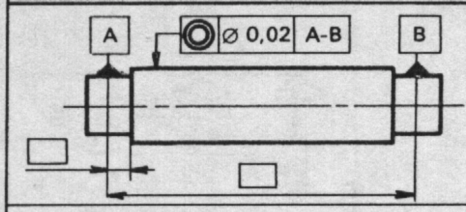


Sistemas de referencia (referencias ordenadas)**

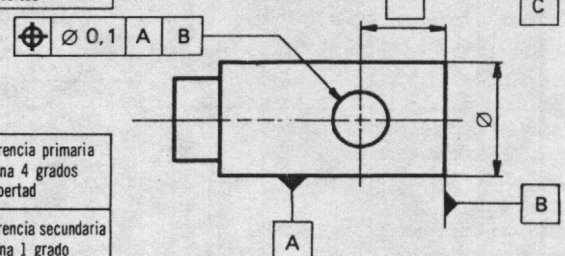
A	Referencia primaria. Elimina tres grados de libertad
B	Referencia secundaria. Elimina dos grados de libertad
C	Referencia terciaria. Elimina un grado de libertad



Referencia definida por varios elementos



La referencia es el eje definido por los centros de los círculos más pequeños circunscritos a las secciones A y B.



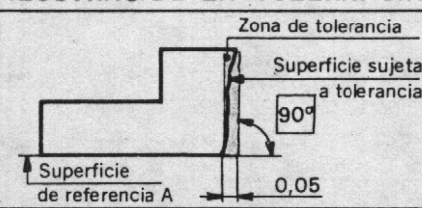
A	Referencia primaria Elimina 4 grados de libertad
B	Referencia secundaria Elimina 1 grado de libertad

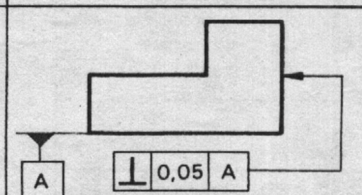
Ver también los ejemplos 3 y 4 de la página siguiente.

EXPLICACIÓN	ILUSTRAC. DE LA TOLERANCIA	EJEMPLO DE APLICACIÓN

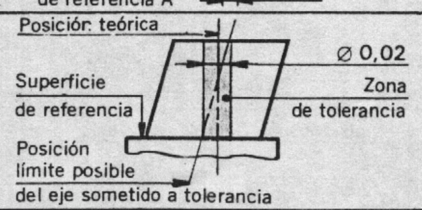
Perpendicularidad

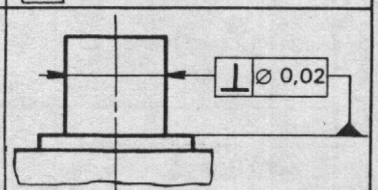
La superficie sujeta a tolerancia debe estar comprendida entre dos planos paralelos separados 0,05 y perpendiculares a la superficie de referencia A.





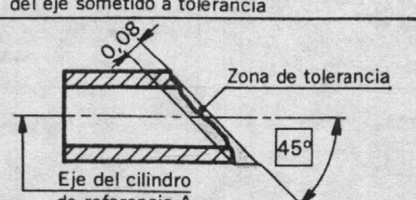
El eje del cilindro sujeto a tolerancia debe estar comprendido en una zona cilíndrica de ⌀ 0,02 perpendicular a la superficie de referencia.

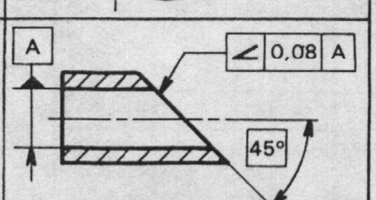




Inclinación

La superficie sujeta a tolerancia debe estar comprendida entre dos planos paralelos distantes 0,08 e inclinados 45º con relación al eje del cilindro de referencia A.

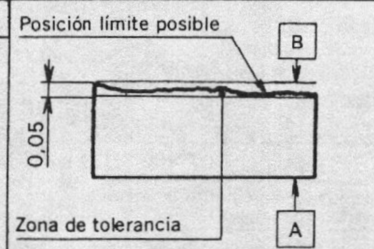
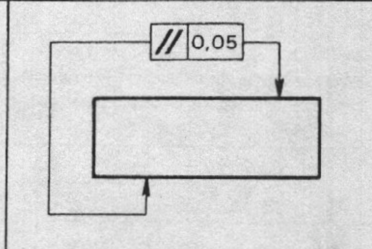


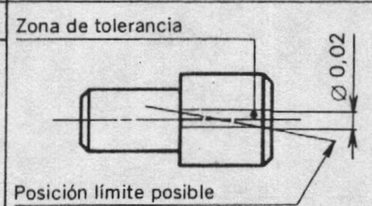
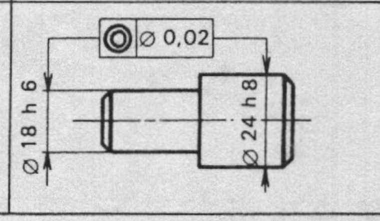


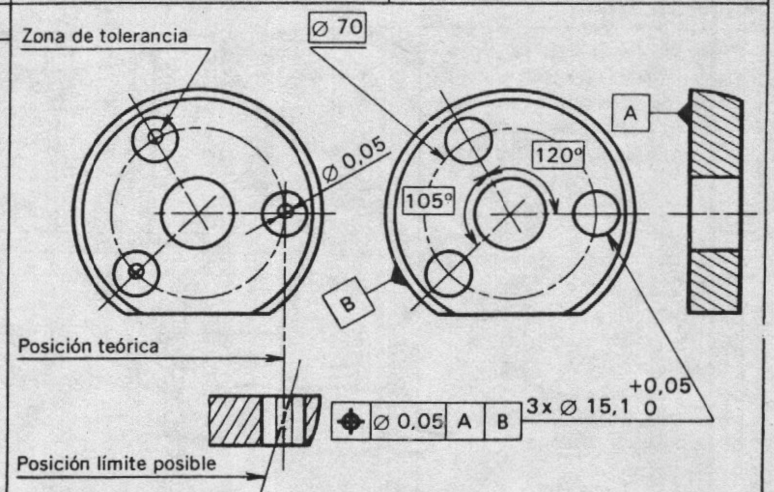
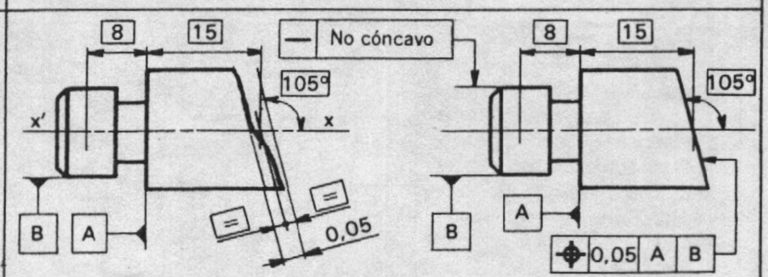
* Los valores se dan como primera estimación para aplicaciones corrientes.

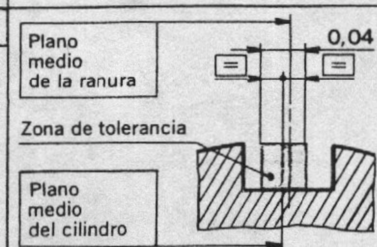
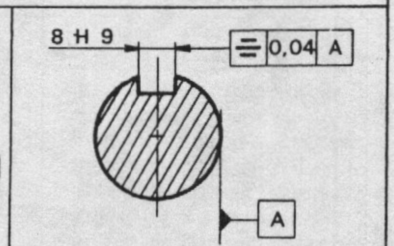
** En curso de homologación.

<table>
<tr><th>EXPLICACIÓN</th><th>ILUSTRACIÓN DE LA TOLERANCIA</th><th>EJEMPLO DE APLICACIÓN</th></tr>
<tr><td>Paralelismo

En este ejemplo la elección de la superficie de referencia es indiferente. Tomando cada superficie A y B alternativamente como referencia la superficie controlada debe estar comprendida entre dos planos paralelos separados 0,05 y paralelos a la superficie tomada como referencia.</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Coaxialidad

El eje del cilindro ∅ 24 h 8 debe estar comprendido en una zona cilíndrica de ∅ 0,02 coaxial con el eje del cilindro de referencia ∅ 18 h 6.</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Posición

El eje de un agujero debe estar comprendido en una zona cilíndrica de ∅ 0,005 cuyo eje ocupa la posición teórica especificada.
A: Referencia primaria (plano).
B: Referencia secundaria (cilindro corto).
El eje de un agujero no puede pues desviarse más de 0,025 de la posición teórica definida por las cotas enmarcadas.</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>La superficie sujeta a tolerancia debe estar comprendida entre dos planos paralelos separados 0,05 y dispuestos simétricamente con relación a la posición teórica especificada.
A: referencia primaria (plano).
B: referencia secundaria (círculo).
El eje x' x es perpendicular al plano A y pasa por el centro del círculo circunscrito más pequeño de los circunscritos a la sección B.</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>Simetría

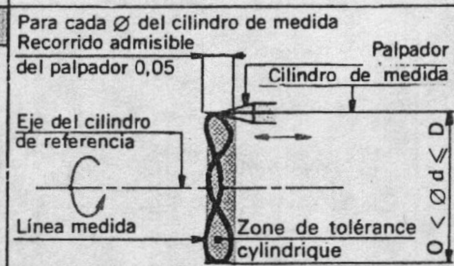
El plano medio de la ranura debe estar comprendido entre dos planos paralelos separados 0,04 y simétricamente dispuestos respecto al plano medio del cilindro.
En este caso la orientación del plano medio del cilindro está dada por el plano medio de la ranura.</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

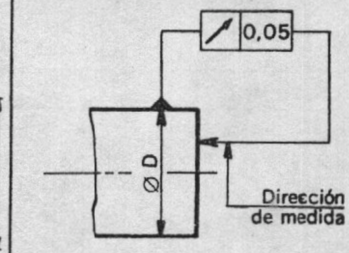
17■4	TOLERANCIAS DE SALTO		
Las tolerancias de salto se aplican a las superficies de revolución. Dichas tolerancias permiten expresar directamente las exigencias funcionales de superficie tales como: discos de embrague, ruedas de fricción, rodillos de rodaduras, llantas de rueda.	SÍMBOLO	↗	⇗
	SIGNIFICACIÓN	**Salto simple**	**Salto total**

EXPLICACIÓN	ILUSTRACIÓN DE LA TOLERANCIA	EJEMPLO DE APLICACIÓN

Salto simple axial

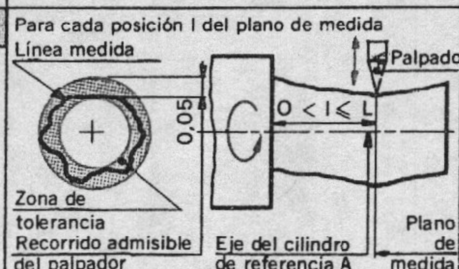
El salto axial de la superficie tolerada, durante una revolución completa de la pieza alrededor del eje del cilindro de referencia A, no debe rebasar, separadamente para cada Ø d del cilindro de medida el valor 0,05.

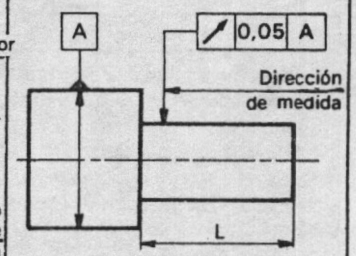




Salto simple radial

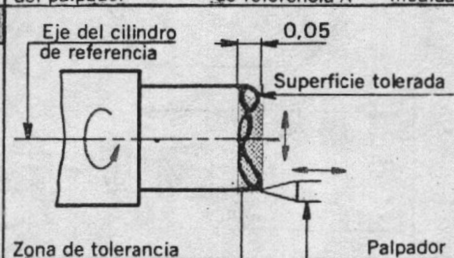
El salto radial de la superficie tolerada, durante revoluciones completas de la pieza alrededor del eje del cilindro de referencia A, no debe rebasar, separadamente para cada posición l del plano de medida el valor 0,05.

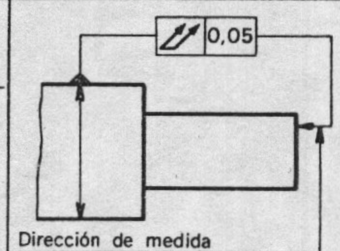




Salto total axial

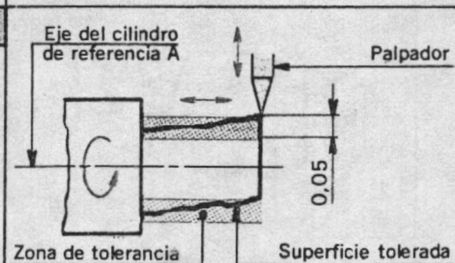
El salto radial de la superficie tolerada, a lo largo de revoluciones completas de la pieza alrededor del eje del cilindro de referencia debe estar comprendido entre dos planos separados 0,05 y perpendiculares al eje del cilindro de referencia.

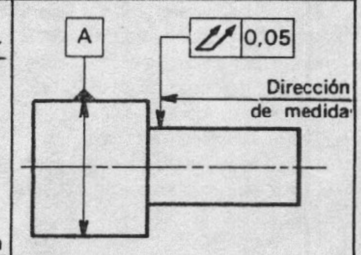




Salto radial total

El salto radial de la superficie tolerada a lo largo de revoluciones completas de la pieza alrededor del eje del cilindro de referencia A, debe estar comprendido entre dos cilindros coaxiales separados 0,05 cuyos ejes coinciden con el eje del cilindro de referencia A.

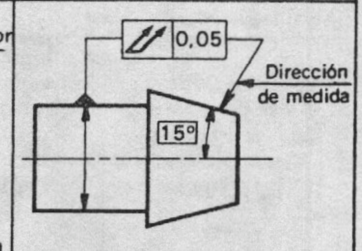




Salto total en una dirección dada

El salto en la dirección dada de la superficie tolerada a lo largo de revoluciones completas de la pieza alrededor del eje del cilindro de referencia debe estar comprendido entre dos conos coaxiales separados 0,05 en la dirección dada y cuyos eje coinciden con el eje del cilindro de referencia.





18 Primeros principios de acotación

18■1 Dibujo de definición del producto acabado

Los planos de detalle efectuados a partir de un conjunto se llaman «dibujos de definición de piezas acabadas». Deben ajustarse a la siguiente definición:

Un dibujo de definición de producto acabado determina completamente y sin ambigüedad las exigencias que debe cumplir el producto en el estado de acabado que se señale. Es el que se utiliza cuando se efectúa el control de recepción del producto.

Un dibujo de definición del producto acabado debe ser acotado funcionalmente (ver capítulo 19). La cota indicada corresponde a la medida de la pieza acabada, incluido el revestimiento productor, el tratamiento superficial, etc.

OBSERVACIÓN:
Un dibujo de definición de producto acabado designa a veces abreviadamente «dibujo de producto acabado».

18■2 Unidad de longitud

Todas las dimensiones lineales (cotas y tolerancias) deben expresarse en la misma unidad. En mecánica la unidad normalizada es el milímetro (mm).

Ello comporta las siguientes ventajas:

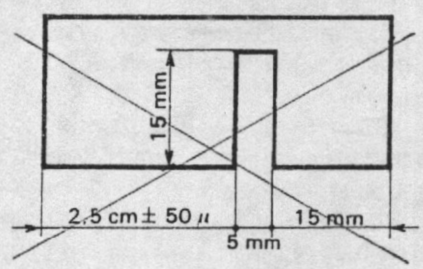
- No es necesario indicar la unidad adoptada.
- La interpretación se hace sin riesgo de confusión.

OBSERVACIÓN:
Es evidente que cifra a inscribir es la que ha de tener la pieza, sea cual fuere su medida sobre el dibujo.

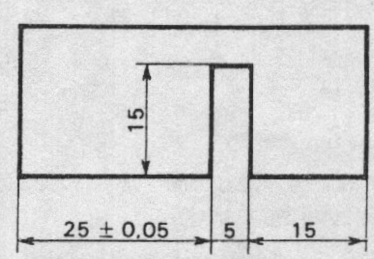
18■3 Inscripción de cotas

Una cota sólo debe figurar una sola vez y en la vista queda claramente representado el elemento acotado.

ACOTACIÓN DEFECTUOSA

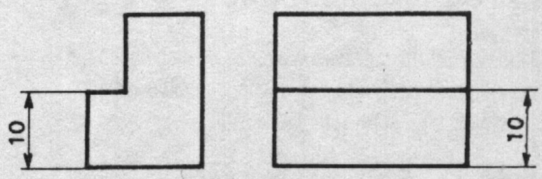


ACOTACIÓN CORRECTA



Por ejemplo, la repetición de la cota 10 presenta los siguientes inconvenientes:

- Aumenta el tiempo dedicado al dibujo.
- No facilita ninguna información suplementaria para la fabricación.
- En el caso de una eventual modificación de la cota, se corre el riesgo de modificar una de las cifras y olvidar la otra lo que puede conducir a confusiones en orden a la falsificación y verificación de las piezas.



18■4 Exceso de cotas

No hay que poner nunca cotas superfluas

Se dice que una cota es superflua (o complementaria) cuando la misma puede ser obtenida por adición o sustracción de otras medidas dadas.
Por ejemplo, la cota A es superflua porque puede ser obtenida por suma de las cotas B y C.
Determinemos el valor mínimo (A mín) y máxima (A máx) de A:

A mín = 19,9 + 29,9 = 49,8
A máx = 20,1 + 30,1 = 50,2

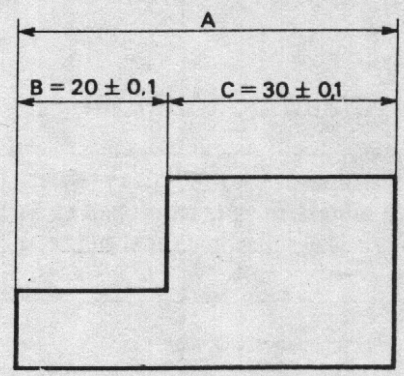
La cota A varía pues entre los límites 50 ± 0,2.
Supongamos que anotamos este valor en el dibujo y que el obrero, para verificar su pieza mide las cotas A y C. Y obtiene por ejemplo:

A = 49,8 C = 30,1

Lógicamente considera que su pieza es correcta. Comprobemos el valor correspondiente a B:

B = 49,8 − 30,1 = 19,7

valor claramente fuera de tolerancia.

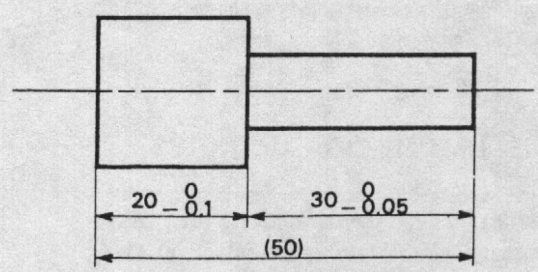


La acotación superflua presenta tolerancias incompatibles.

Ver también § 23.2: transfert de cotas.

OBSERVACIONES:

- El no poner cotas superfluas tiene la ventaja de poner en evidencia las cotas importantes.
- Si una cota innecesaria se considera útil (por ejemplo para la venta de la pieza) ponerlo entre paréntesis para indicar que no es útil para verificación.



19 La acotación funcional

19■1 Definición

Acotar funcionalmente un dibujo es hacer una selección razonada entre sus diversas dimensiones geométricas y sólo acotar y poner tolerancias a las que –por ello se llaman funcionales– expresan directamente las condiciones de aptitud del producto para la utilización prevista (llamadas condiciones funcionales).

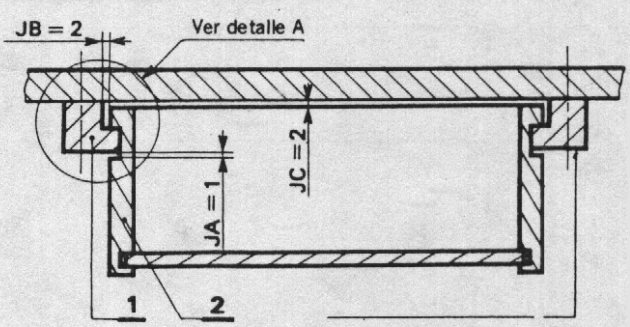
19■2 Método

Proceder de la siguiente forma:
1º Hacer un análisis completo del conjunto para poder detectar las condiciones necesarias para asegurar un funcionamiento normal.
2º Elegir las cotas que expresan directamente para cada pieza estas condiciones funcionales.

OBSERVACIONES:
Condiciones funcionales pueden ser, por ejemplo, condiciones de resistencia, de deformación, de espacio o de peso y más frecuentemente las condiciones de montaje y de funcionamiento. Las condiciones de montaje y de funcionamiento consisten en mantener entre unos límites determinados la distancia entre dos piezas de un conjunto. Esta distancia se llama JUEGO, puede ser positiva (sin contacto) o negativa (aprieto).
Estas últimas circunstancias son las estudiadas con más detalle.

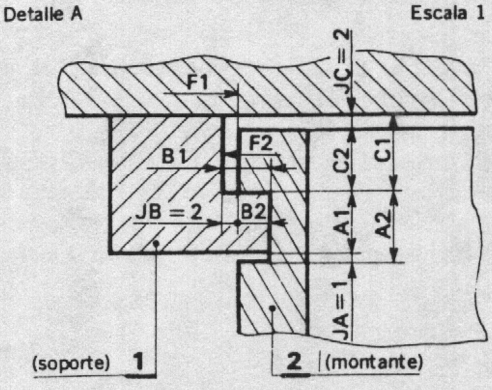
19■3 Ejemplo simple de acotación funcional

Se trata de pensar una acotación funcional para el cajón de mesa representado en la figura contigua.



Detalle A

Escala 1



19■31 Análisis funcional

El detalle A representa el soporte izquierdo y una parte del montante lateral izquierdo del cajón.

Estudio las condiciones para obtener un funcionamiento normal:

La espiga del soporte **1** ha de poder penetrar en la ranura del montante **2.** Ello implica un **juego JA.**

La cara F1 no debe estar en contacto con la cara F2. Ello implica un **juego JB.**

La parte superior del cajón tampoco debe estar en contacto con la parte inferior de la tabla de la mesa. Ello supone un **juego JC.** Para conservar en este ejemplo la simplicidad requerida nos limitaremos a determinar solamente las cotas que expresan **directamente estos tres juegos funcionales** sin profundizar en el análisis funcional del conjunto.

19■32 Elección de las medidas a acotar

Condición funcional JA.
Las cotas A1 y A2 dan directamente el juego JA. Estas tres dimensiones están unidas por la relación:

$$JA = A2 - A1$$

Condición funcional JB.
Las cotas B1 y B2 dan directamente el juego JB. Estas tres dimensiones están unidas por la relación:

$$JB = B1 - B2$$

Condición funcional JC.
Las cotas C1 y C2 dan directamente el juego JC. Estas tres dimensiones están unidas por la relación:

$$JC = C1 - C2$$

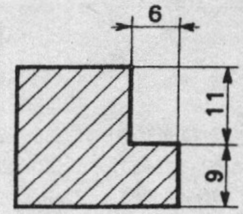
19■33 Dibujos parciales de las piezas acabadas 1 y 2

El valor de las cotas se ha indicado a escala en el detalle A del conjunto.
Las tolerancias de falsificación no se han indicado.
Esta acotación (sin tolerancias) podría sin embargo aceptarse para una falsificación unitaria.

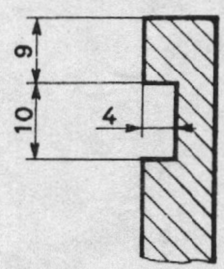
OBSERVACIÓN:
Este ejemplo permite enunciar el siguiente principio:

> **Sólo puede acotarse funcionalmente una pieza si se conoce exactamente su utilización.**

SOPORTE 1



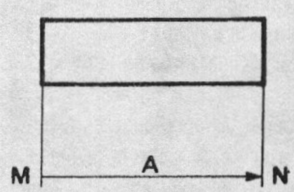
MONTANTE 2



19■4 Acotación de distancias entre planos a base de una cadena de cotas

Una **CADENA DE COTAS** es un conjunto de cotas que define una condición funcional del producto. Cada una de las cotas es un **ESLABÓN.**
Para comodidad de comprensión se reemplazan las líneas de cota por vectores. Un vector MN* es un segmento de recta orientado, M es el origen y N el extremo.
En los ejemplos, A representa la cota de la pieza.

El apartado 19.41 indica el método para establecer una cadena de cotas.



* El símbolo matemático es MN.

19■41 Establecimiento de una cadena de cotas

19■411 Ejecución material

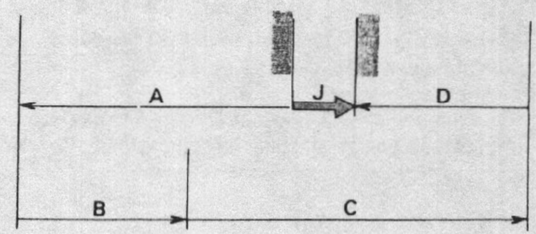
1º Trazar el vector de condición funcional J.

2º A partir del **origen** del vector J trazar el primer vector A.

3º El segundo vector B tiene como origen el extremo del vector A (o sea que el extremo del vector A y el origen del vector B, se encuentran, como en el caso de la figura sobre una misma línea de referencia).

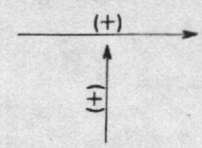
4º Proceder de igual forma para los distintos vectores sucesivos.

5º El extremo del vector final D coincide con el extremo del vector J.
Para fijar una cadena de cotas utilizar el principio indicado en el apartado 19.422.



19■412 Propiedad de una cadena de cotas

El sentido positivo viene dado por el sentido del vector J.
El sentido positivo normal va de izquierda a derecha para las cotas horizontales y de abajo a arriba para las cotas verticales.



El vector funcional J es igual a la suma de los vectores de sentido positivo, menos la suma de los vectores de sentido negativo.

$J = (B + C) - (A + D)$

19■413 Cálculo de los juegos límites

El juego es máximo si las dimensiones de los vectores positivos son en máximas y las de los vectores negativos son en las **mínimas.**
El juego es mínimo si las dimensiones de los vectores positivos son las mínimas y las de los vectores negativos son las **máximas.**
De hecho cuanto mayor es el número de cotas que compone la cadena, menos probabilidades hay de que se llegue a estos límites.

$J\,max = (B\,max + C\,max) - (A\,min + D\,min)$

$J\,min = (B\,min + C\,min) - (A\,max + D\,max)$

19■414 Estudio de las tolerancias

La condición funcional J debe estar afectada por una tolerancia, pues es imposible el conseguir en la falsificación unas cotas fijas. Esta tolerancia se elige de forma que se obtenga un juego máximo y un juego mínimo compatibles con un funcionamiento correcto. La toleran-

cia j sobre el jugo J se reparte luego sobre las cotas que componen la cadena, deduciéndose de ellos las siguientes reglas:

1.º La tolerancia j sobre la cota funcional J es igual a la suma de las tolerancias de las cotas que componen la cadena de cotas.
2.º Si la cadena de cotas es mínima cada cota es afectada por la máxima tolerancia posible.

COTA	J	A	B	C	D
TOLERANCIA	j	a	b	c	d

$$j = a + b + c + d$$

19■42 Primer ejemplo

Se trata de establecer una cadena mínima de cotas relativas a la guía del carro **1** sobre la corredera **2.**

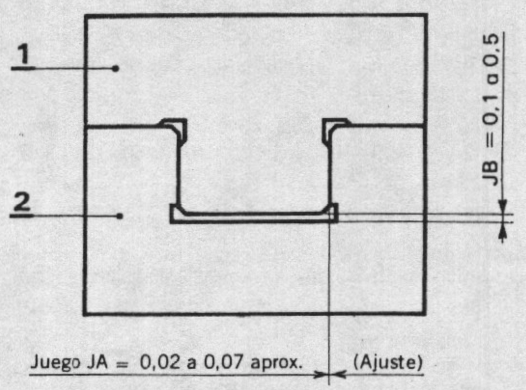
19■421 Análisis funcional

Para que el movimiento del carro **1** sobre la corredera **2** pueda tener lugar es necesario:

■ que la espiga del carro pueda introducirse en la ranura con un juego JA = 0,02 a 0,07 aproximadamente, o sea una tolerancia ja = 0,05 aproximadamente.

■ que entre el borde de la espiga y el fondo de la ranura exista una juego JB = 0,1 a 0,5, o sea una tolerancia jb = 0,04.

Los juegos JA y JB se consideran como datos. Pueden haber sido obtenidos por cálculo, por experiencia de casos similares anteriores, o por ensayos previos.



Escala: 1

19■422 Cadena mínima de cotas

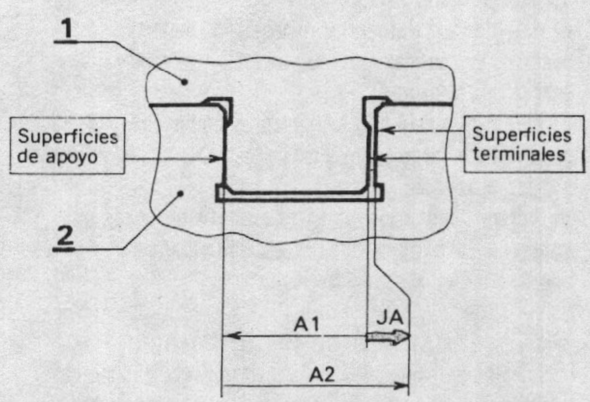
DEFINICIONES PREVIAS

Superficies de apoyo: Superficies en contacto de un conjunto de varias piezas.

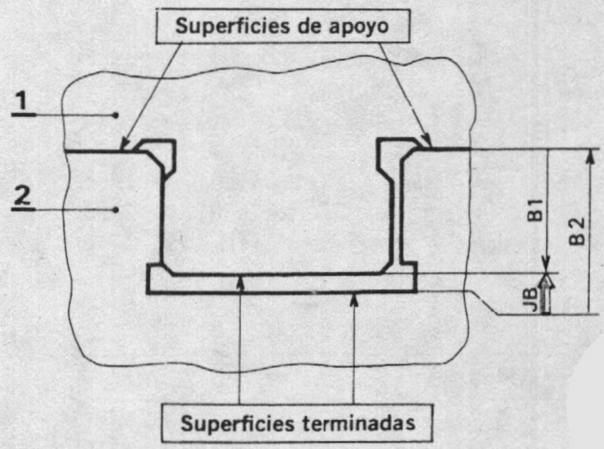
Superficie terminal: Superficies de un conjunto de diversas piezas, entre las que existe un juego.

Condición funcional JA:

Es evidente que la cadena mínima de cotas necesaria para definir directamente esta condición está formada por las cotas A1 y A2, **o sea una cota por pieza.** Son estas dos cotas: A1 para la pieza **1** y A2 para la pieza **2,** las que constituyen las cotas funcionales.



Condición funcional JB:
La cadena mínima de cotas se compone de las cotas funcionales B1 y B2. Estas cotas permiten pasar de una superficie terminal a la otra por intermedio de las superficies de apoyo.

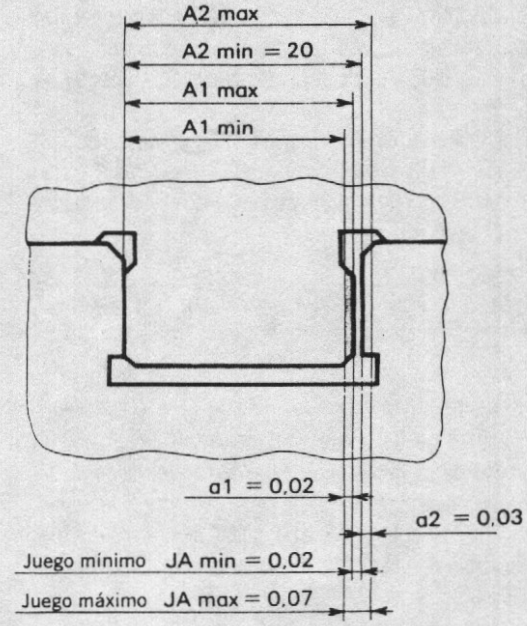


PRINCIPIO FUNDAMENTAL
DE LA ACOTACIÓN FUNCIONAL

A partir de una condición funcional dada la cadena de cotas es mínima si solo hay una cota por pieza.

Para determinar esta cadena de cotas se parte de una superficie terminal para alcanzar la otra pasando a través de las superficies de apoyo. Las superficies de apoyo a elegir son las que tienen relación con el posicionado de las superficies terminales.

Para cada una de las piezas de la cota funcional a inscribir es la que pertenece a la cadena de cotas así determinada.



19.423 Distribución de las tolerancias

CADENA DE COTAS JA
La tolerancia sobre el juego JA (ja = 0,05 aprox.) hay que repartirla entre las cotas A1 y A2. Este reparto debe efectuarse en función de las costes de fabricación.

Se puede admitir, de una forma genérica que a iguales tolerancias la fabricación de un continente es más costosa que la de un contenido.

Ello lleva a preveer para la cota A2 una tolerancia mayor que para la cota A1, o sea:
Tolerancia sobre A1: a1 = 0,02
Tolerancia sobre A2: a2 = 0,03

COMPROBACIÓN:
Según el apartado 19.414:

$$ja = a1 + a2$$

o sea, 0,05 = 0,02 + 0,03

DETERMINACIÓN DE LAS COTAS LÍMITES

Los valores límites de las cotas A1 y A2 deben ajustarse a una de las dos relaciones que siguen (ver § 19.413).

JA máx = A2 máx – A1 mín = 0,07 (1).

JA mín = A2 mín – A1 máx = 0,02 (2).

Si, por ejemplo, el valor nominal del ajuste es de 20 mm (cota expresada a escala en el plano de conjunto) y si el juego nominal JA mín = 0,02 adoptada a expensas del ancho de la espiga, se tiene:

A2 mín = 20 y A1 máx = 19,98.

Se cumple la condición (2). Por otra parte:

A1 mín = A1 máx – a1 = 19,98 – 0,02 = 19,96.

A2 máx = A2 mín + a2 = 20 + 0,03 = 20,03.

Estos valores cumplen la condición (1).

En resumen:

A1 $20^{-0,02}_{-0,04}$	A2 = $20^{+0,03}_{0}$

OBSERVACIÓN

Si la verificación de las piezas se efectúa por medio de calibres patrón del sistema internacional de tolerancias (§ 14-2), hay que buscar los valores normalizados que más se aproximen a los que se acaban de determinar. Sabiendo que a1 = 0,020 y a2 = 0,030 se puede tomar consultando la tabla 14-24 para a1, IT7 = 0,021 y para a2, IT8 = 0,033, que son valores próximos a los anteriores.

La tolerancia ja queda prácticamente sin variación:

ja = IT7 IT8 = 0,021 + 0,033 = 0,054.

Consultando la tabla 14.26 y conociendo el juego mínimo JA mín = 0,02, se escoge;

A1 = 20 f 7 $(^{-0,020}_{-0,041})$	A2 = 20 H 8 $(^{+0,033}_{0})$

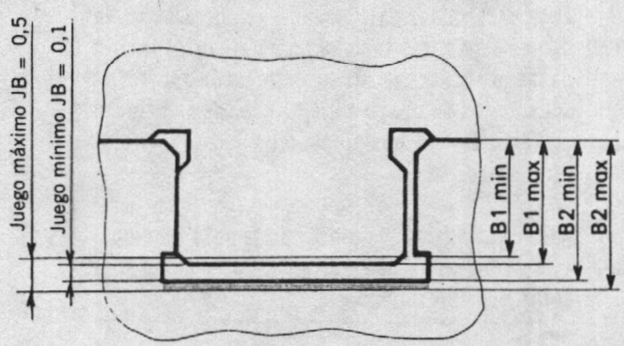
CADENA DE COTAS JB

El juego JB = 0,3 viene afectado de tolerancia ± 0,2. Como ya se ha hecho anteriormente para el juego JA, la distribución de esta tolerancia sobre cada una de las cotas B1 y B2 debe hacerse en función de los costos de fabricación. Se puede tomar la misma tolerancia para B1 que para B2, y así:

tolerancia sobre B1: b1 ± 0,1.

tolerancia sobre B2: b2 ± 0,1.

Se señala en el plano de conjunto la altura de la espiga o sea los 12 mm, y se puede tomar el juego nominal de 0,3 sobre la profundidad de la ranura.



A partir de ello, los valores de B1 y de B2 son fáciles de obtener:

B1 = 12 ± 0,1	B2 = 12,3 ± 0,1.

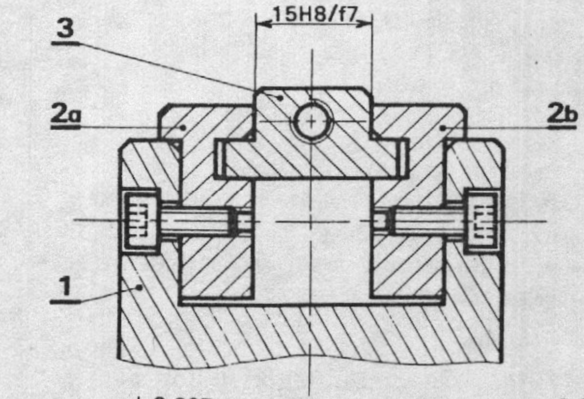
COMPROBACIÓN

JB máx = B2 máx – B1 mín = 12,4 – 11,9 = 0,5.

JB mín = B2 mín – B1 máx = 12,2 – 12,1 = 0,1.

19■43 Segundo ejemplo

Se trata de establecer, para el conjunto que se representa contiguo, la cadena mínima de cotas para un ajuste 15 H8/f7 entre las piezas **1, 2a, 2b** y **3.**



$15H8 = 15^{+0,027}_{\ 0}$ $15\,f7 = 15^{-0,016}_{-0,034}$

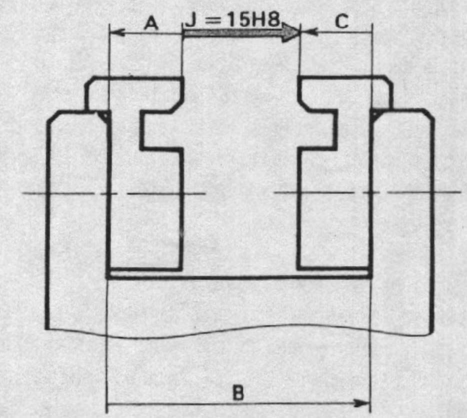
19■431 Análisis funcional

La anchura de la pieza **3** viene dada con su tolerancia (15 f7). El problema se reduce pues a dejar entre las superficies terminales de las piezas **2a** y **2b** un espacio J igual a 15 H8 (Jmáx = 15,027, Jmín = 15).

19■432 Cadena mínima de cotas

Viene representada en la figura adjunta. El valor de los elementos de la cadena mínima de cotas viene dado por la relación:

$$J = B - (A + C)$$



19■433 Distribución de las tolerancias

Tolerancia sobre J: j = 0,027.
Cuando sea posible, es aconsejable emplear el sistema internacional de tolerancias. Al consultar el cuadro de tolerancias fundamentales (§ 14.24), se puede tomar IT6 para la cota B, e IT5 para las cotas A y C (estas cotas pueden conseguirse fácilmente mediante rectificado).
Así se tiene:
IT6 + 2IT5 = 0,016 + (2 × 0,006) = 0,028, valor prácticamente idéntico a la tolerancia j.
El juego mínimo 15 mm obliga a adoptar para cada una de las cotas A. B y C una tolerancia nula. O sea H6 para la cota B y h5 para las cotas B y C.

ANÁLISIS FUNCIONAL		VALOR DE LOS ELEMENTOS DE LA CADENA DE COTAS	VERIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Función de asegurar	**Condición funcional**			
Guía del carro 3	J max = 15,028	J = B − (A + C)	J max = B max − (A min + C min) J max = 35,016 − (9,994 + 9,994) J max = 35,016 − 19,988 = 15,028	**El valor nominal de las cotas A y C se ha tomado a escala del dibujo.**
	J min = 15	$A = C = 10\,h5 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,006 \end{pmatrix}$		
	j = 0,028	$B = 35\,H6 \begin{pmatrix} +0,016 \\ 0 \end{pmatrix}$	J min = B min − (A max + C max) J min = 35 − (10 + 10) = 15	

OBSERVACIÓN: Si se considera que las tolerancias que se acaban de señalar son incompatibles con el precio de coste, hay que reconsiderar el diseño del mecanismo.

19■44 Tercer ejemplo

Se trata de establecer una cadena mínima de cotas que asegure la inmovilización en sentido transversal de las piezas **3b, 4, 5, 7** y **3a** sobre el eje **2,** por medio del anillo elástico **8.**

19■441 Análisis funcional

Estando montadas las piezas **3a, 3b, 4, 5, 6** y **7** sobre el eje **2,** ha de poderse colocar el anillo elástico en su alojamiento. Ello será posible si existe un juego JA entre el cojinete **3a** y el anillo elástico **8.**

19■442 Cadena mínima de cotas

La cadena mínima de cotas está representada en la figura 2.

19■443 Reparto de tolerancias

La tolerancia ja = 0,20 en el juego JA debe repartirse entre siete cotas. Sobre tres de ellas la tolerancia es obligada:

tolerancia sobre A3a y A3b: a3 = 0,12 (§ 40.70).

tolerancia sobre A8 : a8 = 0,06 (§ 45.1).

La tolerancia ja debe ser igual a la suma de las tolerancias de las cotas que componen la cadena de cotas (§ 19.414).

Teniendo en cuenta solamente la tolerancia de estas tres cotas se tiene:

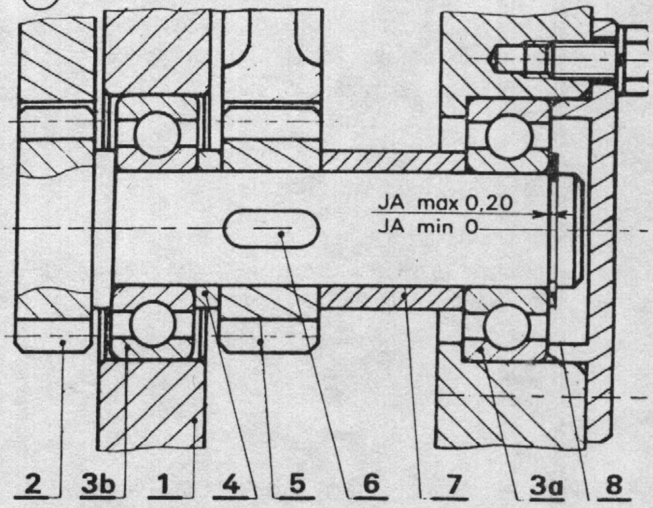
$a3 + a3 + a8 = 2 \times 0{,}12 + 0{,}06 = 0{,}30.$

Esta suma ya es superior a ja.

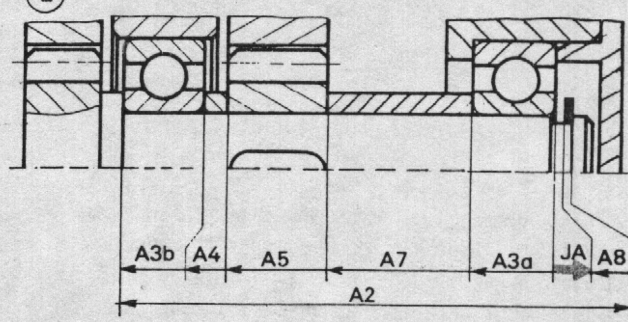
El problema sólo puede resolverse aumentando ja suficientemente o intercalando entre el rodamiento y el anillo elástico, una arandela de ajuste. Esta cala se elige entre un conjunto de calas de dimensiones escalonadas. Se puede igualmente utilizar una arandela regulable Altermill (§ 40.533).

El espesor E de la cala se determina sustituyendo JA por E en la cadena de cotas.

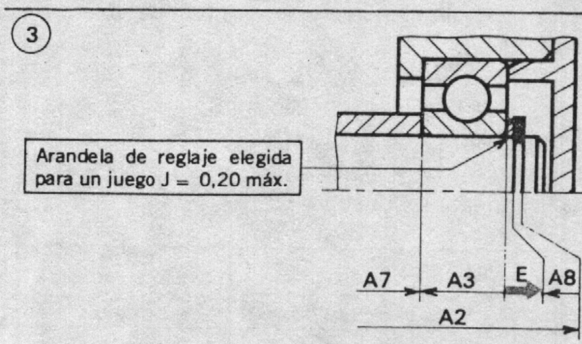
①



②



③



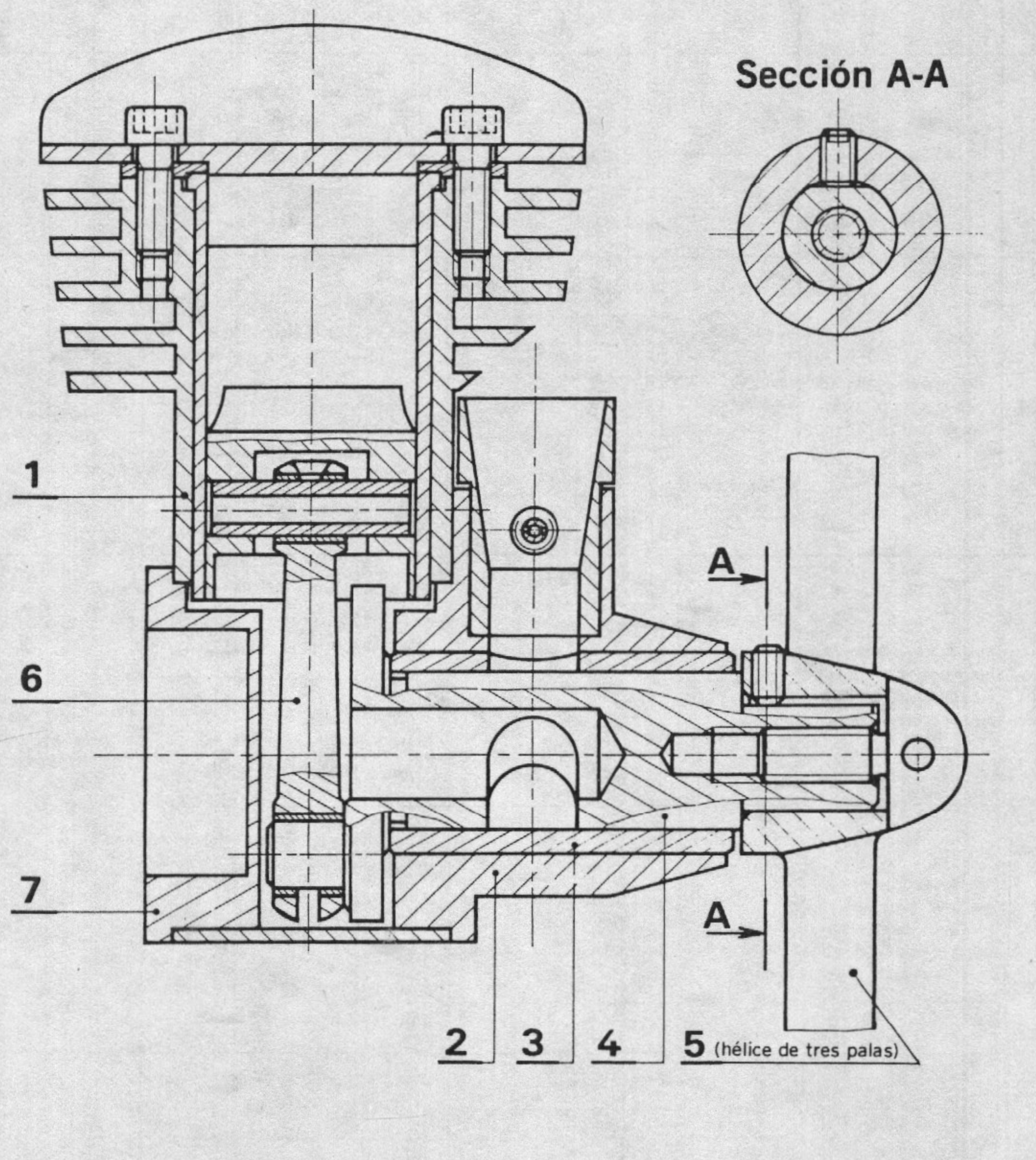
VALOR DE LOS ELEMENTOS DE LA CADENA DE COTAS	ESPESOR DE LA CALA	OBSERVACIONES
E = A2 − (A3a + A7 + A5 + A4 + A3b + A8)	E max = A2 max − (A3a min + ... + A8 min)	**Ver de nuevo § 19-413**
A2 = 59 ± 0,1	E max = 59,1 − (10,88 + 2,95 + 12,95 + 18,95 + 10,88 + 0,94)	**El valor de la cota A2 se ha fijado de forma que la cala tenga un espesor mínimo (E mín) suficiente.**
A3 = 11 $^{0}_{-0,12}$	E max = 59,1 − 57,55 = 1,55	
A7 = 19 ± 0,05	E min = A2 min − (A3a max + ... + A8 max)	
A5 = 13 ± 0,05	E min = 58,9 − (11 + 3,05 + 13,05 + 19,05 + 11 + 1)	
A4 = 3 ± 0,05	E min = 58,9 − 58,15 = 0,75	
A8 = 1 h11 ($^{0}_{-0,06}$)		

19■45 Cuarto ejemplo

Se trata de establecer para el micromotor abajo representado, el dibujo de definición del producto acabado del cigüeñal marcado con el n.º 4.

OBSERVACIÓN

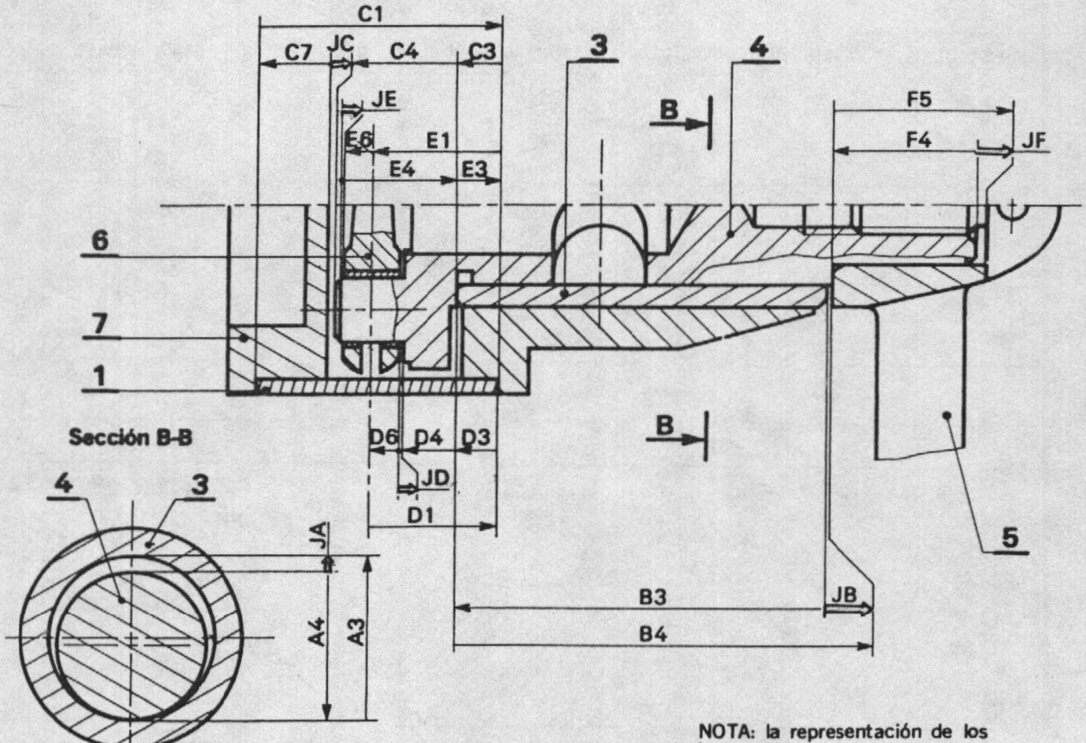
Sólo se han numerado las piezas que afectan a este estudio.



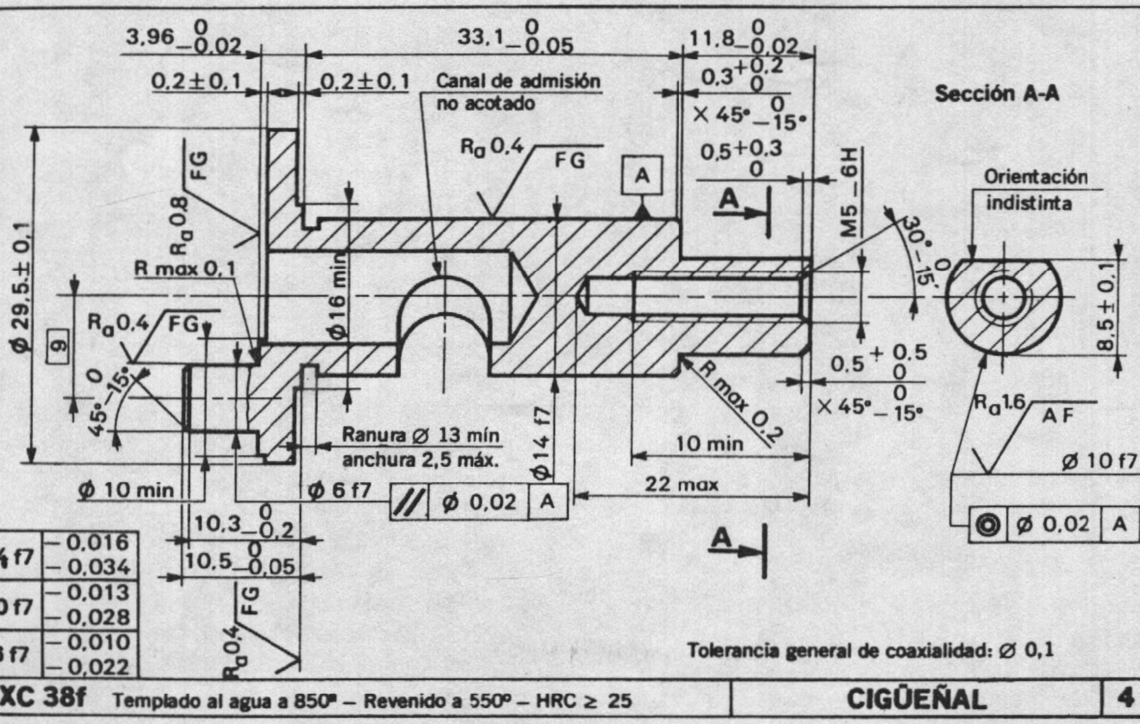
MICROMOTOR 2 TIEMPOS	5 cm³	250 W a 18.000 rev/min

ANÁLISIS FUNCIONAL			VALOR DE LOS ELEMENTOS DE LA CADENA MÍNIMA DE COTAS	VERIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Marca	**Función a asegurar**	**Condición funcional**			
A	Guía del giro del cigüeñal sobre su cojinete.	JA max = 0,061	JA = A3 − A4	JA max = A3 max − A4 min JA max = 14,027 − 13,966 = 0,061	Ajuste elegido de acuerdo con la tabla 14-25: – Velocidad de giro 18.000 rp/m. – Buen engrase.
			$A3 = 14\ H\ 8\ \left(\begin{matrix}+0{,}027\\0\end{matrix}\right)$		
		JA min = 0,016	$A4 = 14\ f7\ \left(\begin{matrix}-0{,}016\\-0{,}034\end{matrix}\right)$	JA min = A3 min − A4 max JA min = 14 − 13,984 = 0,016	
B	Inmovilización en sentido transversal del cigüeñal en relación con el cojinete.	JB max = 0,15	JB = B4 − B3	JB max = B4 max − B3 min JB max = 33,1 − 32,95 = 0,15	Tolerancias máximas de material, ver § 15-13.
			$B4 = 33{,}1\ ^{\ 0}_{-0{,}05}$		
		JB min = 0,05	$B3 = 33\ ^{\ 0}_{-0{,}05}$	JB min = B4 min − B3 max JB min = 33,05 − 33 = 0,05	
C	Evitar que el extremo del muñón roce con la cara interna del cárter.	JC max = 0,4	JC = C1 − (C3 + C4 + C7)	JC max = C1 max − (C3 min + C4 min + C7 min) JC max = 24 − (4,95 + 10,45 + 8,20) JC max = 24 − 23,60 = 0,4	El esfuerzo de tracción de la hélice sobre el cigüeñal hace que el rozamiento tenga lugar siempre sobre la parte izquierda del cojinete.
			$C1 = 24\ ^{\ 0}_{-0{,}05}$		
			$C3 = 5\ ^{\ 0}_{-0{,}05}$		
		JC min = 0,2	$C4 = 10{,}5\ ^{\ 0}_{-0{,}05}$	JC min = C1 min − (C3 max + C4 max + C7 max) JC min = 23,95 − (5 + 10,5 + 8,25) JC min = 23,95 − 23,75 = 0,2	
			$C7 = 8{,}25\ ^{\ 0}_{-0{,}05}$		
D	El eje de la biela ha de poder coincidir exactamente con el eje del pistón. Para ello la biela se monta «flotante».	JD max = 0,10	JD = D1 − (D3 + D4 + D6)	JD max = D1 max − (D3 min + D4 min + D6 min) JD max = 12 − (4,98 + 3,94 + 2,98) JD max = 12 − 11,90 = 0,10	Cuando una misma cota forma parte de varias cadenas de cotas, la tolerancia a figurar debe ser naturalmente la más reducida. Ejemplo: C3, D3, E3. La cota a inscribir es: $5\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$
			$D1 = 12\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$		
			$D3 = 5\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$		
		JD min = 0,02	$D4 = 3{,}96\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$	JD min = D1 min − (D3 max + D4 max + D6 max) JD min = 11,98 − (5 + 3,96 + 3) JD min = 11,98 − 11,96 = 0,02	
			$D6 = 3\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$		
E	Para una superficie de apoyo máxima de la cara izquierda de la biela debe estar retirada en relación con el final de la parte cilíndrica del muñón.	JE max = 0,34	JE = (E3 + E4) − (E1 + E6)	JE max = E3 max + E4 max − (E1 min + E6 min) JE max = 5 + 10,3 − (11,98 + 2,98) JE max = 15,3 − 14,96 = 0,34	
			$E3 = 5\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$		
			$E4 = 10{,}3\ ^{\ 0}_{-0{,}2}$		
		JE min = 0,08	$E1 = 12\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$	JE min = E3 min + E4 min − (E1 max + E6 max) JE min = 4,98 + 10,1 − (12 + 3) JE min = 15,08 − 15 = 0,08	
			$E6 = 3\ ^{\ 0}_{-0{,}02}$		
F	Ajuste de la hélice con el cigüeñal.	JF max = 1,4	JF = F5 − F4	JF max = F5 max − F4 min JF max = 13 − 11,6 = 1,4	
			$F5 = 13\ ^{\ 0}_{-0{,}2}$		
		JF min = 1	$F4 = 11{,}8\ ^{\ 0}_{-0{,}2}$	JF min = F5 min − F4 max JF min = 12,8 − 11,8 = 1	

PRINCIPALES CADENAS MÍNIMAS DE COTAS



NOTA: la representación de los juegos se ha exagerado expresamente.



14 f7	− 0,016	− 0,034
10 f7	− 0,013	− 0,028
6 f7	− 0,010	− 0,022

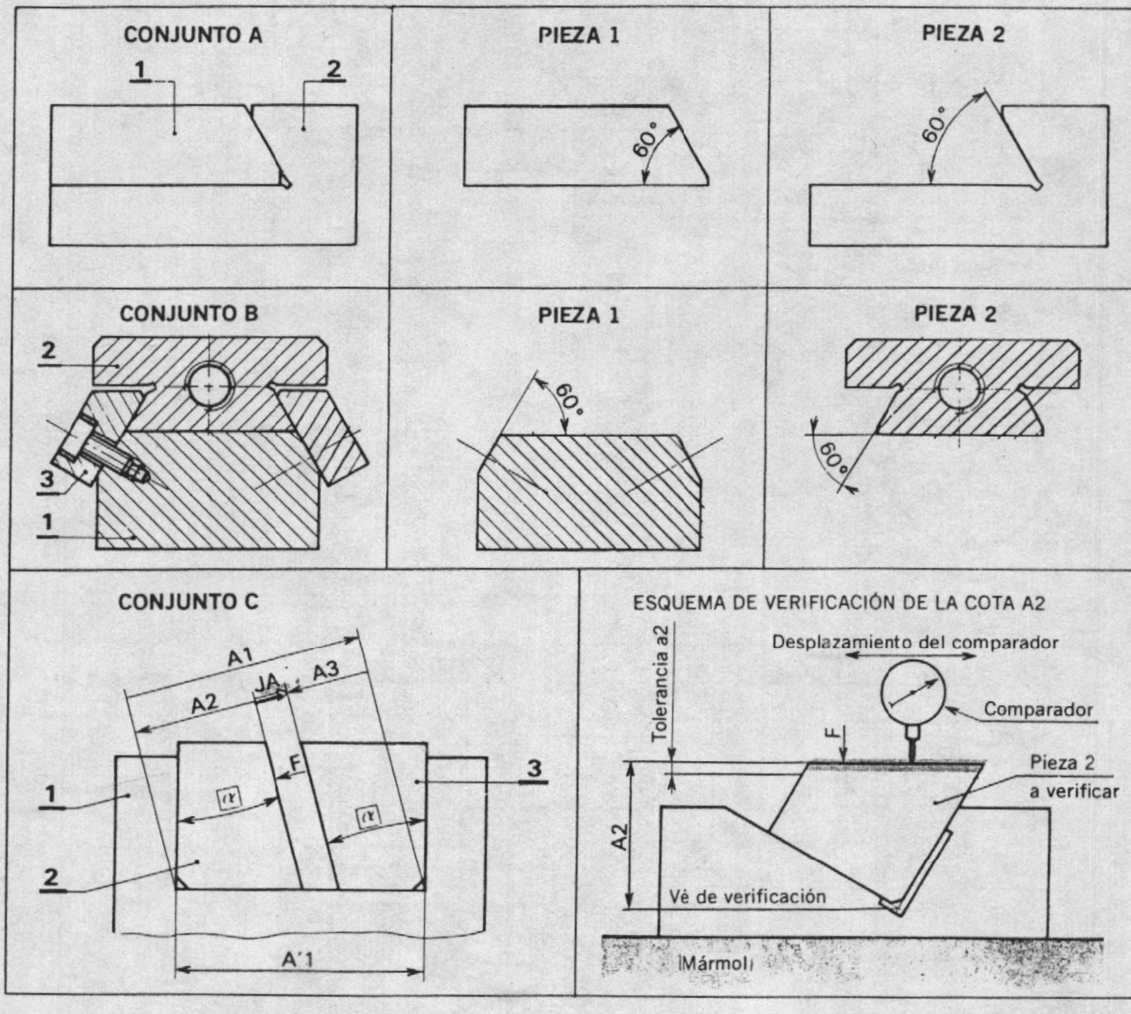
Tolerancia general de coaxialidad: Ø 0,1

XC 38f Templado al agua a 850º – Revenido a 550º – HRC ≥ 25	**CIGÜEÑAL**	**4**

20 Acotación de ángulos

El ángulo a acotar y, eventualmente, con indicación de tolerancias, es el ángulo formado por las superficies en contacto.

20■1 Primeros ejemplos



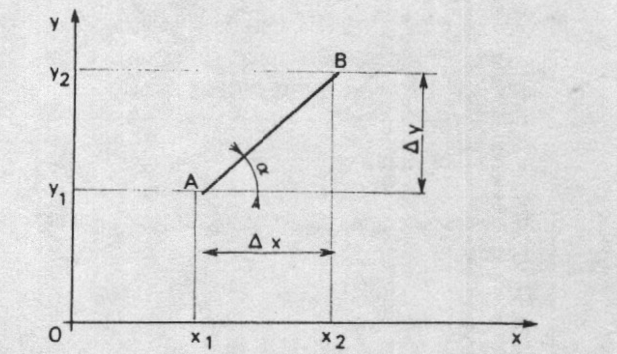
El conjunto C indica la cadena mínima de cotas, teniendo en cuenta la oblicuidad de las superficies, para la condición funcional JA, o sea: JA = A1 – (A2 + A3).

Por cuestión de comodidad de verificación se ha sustituido la cota A1 por la cota A'1 (A1 = A'1 cosα). Este cambio no altera el número de cotas, y se tiene: JA = (A'1 cosα) – (A2 + A3).

Los ángulos α están dentro de un recuadro para indicar que se trata de medidas de construcción no afectadas de tolerancia. La cara F, por ejemplo debe quedar en el interior de un paralelepípedo cuya altura es igual a la tolerancia a2. Una posición límite de esta superficie se indica en la figura superior en rojo. En caso necesario, es posible, mediante una condición restrictiva suplementaria (§ 17-5) reducir la tolerancia de inclinación de F sin cambiar a2.

20.2 Inclinación y conicidad

Los ángulos de menos de 5^0 se acotan generalmente indicando su inclinación. La abertura de un cono se define en ciertos casos por su conicidad.

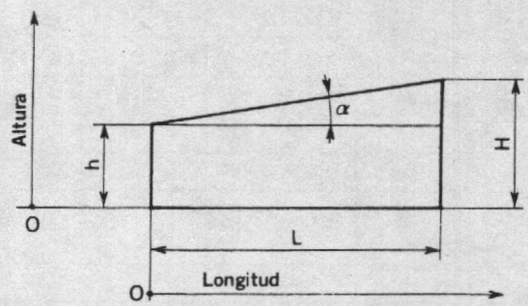


20.21 Definición algebraica de la pendiente de una recta

La pendiente de una recta es la relación entre la diferencia de ordenadas de dos de sus puntos A y B y la diferencia de sus correspondiente abscisas.

$$\textbf{Pendiente} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \textbf{tangente}\ \alpha$$

APLICACIÓN PRÁCTICA



$$\textbf{Pendiente} = \textbf{tg}\,\alpha = \frac{H - h}{L}.$$

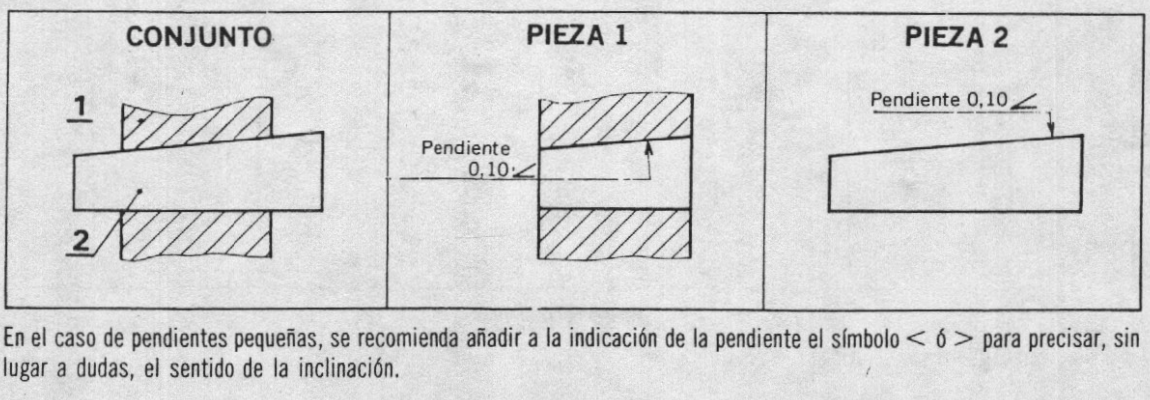
La pendiente se expresa por un número decimal o por un porcentaje, por ejemplo:

Pendiente 0,10 ó pendiente 10 %

TABLA DE CORRESPONDENCIA ENTRE LA PENDIENTE Y LA INCLINACIÓN α

Pendiente en %	α	Ejemplos de aplicación
0,5	0° 17′ 10″	
1	0° 34′ 23″	Ensambles longitudinales forzados
2	1° 8′ 40″	Despulla de piezas matrizadas
2,5	1° 25′ 56″	Despulla de piezas fundidas
5	2° 51′ 45″	Ensambles transversales
10	5° 42′ 38″	Ensambles transversales

EJEMPLO:

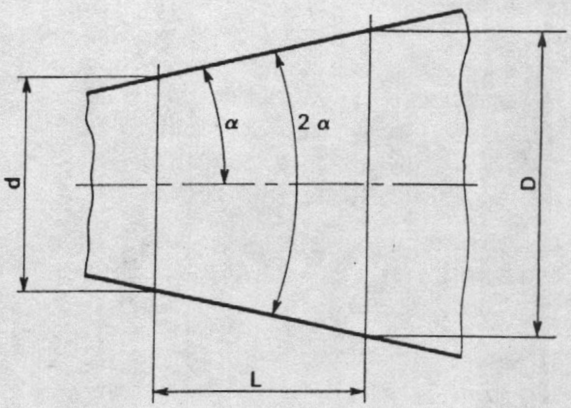


En el caso de pendientes pequeñas, se recomienda añadir a la indicación de la pendiente el símbolo $<$ ó $>$ para precisar, sin lugar a dudas, el sentido de la inclinación.

20■22 Definición de la conicidad

La conicidad es la relación entre la diferencia de los diámetros de dos secciones rectas cualesquiera de un cono y la distancia que separa ambas secciones.

$$\textbf{Conicidad} = \frac{D - d}{L} = 2\ \text{tg}\ \alpha$$



La conicidad se expresa por un número decimal o por un porcentaje.

EJEMPLO

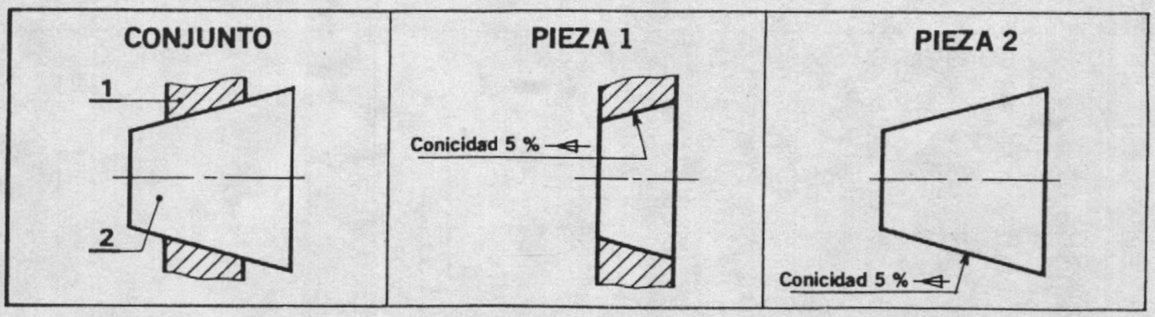
Conicidad 0,10 ó conicidad 10 %

OBSERVACIÓN:
La conicidad es igual al doble de la pendiente.

TABLA DE CONICIDADES NORMALES

Conicidad %	Ángulo en el vértice 2	1/2 ángulo en el vértice	Ejemplos de aplicación
1	0° 34′ 20″	0° 17′ 10″	
2	1° 8′ 46″	0° 34′ 23″	Acuñamientos (pasadores cónicos)
5	2° 51′ 51″	1° 25′ 56″	Bloqueo forzado no desmontable sin extractos, accionamiento por adherencia (conos de embrague, conos Morse).
10	5° 43′ 29″	2° 51′ 45″	Acoplamientos fácilmente desmontables a mano.
(15)	8° 34′ 40″	4° 17′ 21″	Acoplamientos fácilmente desmontables con mazo de madera.
20	11° 25′ 16″	5° 42′ 38″	Acoplamientos fácilmente desmontables a mano.
53,6	30°	15°	Por encima del 20 %, en general, en lugar de la conicidad se acota el ángulo o el semiángulo en el vértice.
82,8	(45°)	22° 30′	
115	60°	30°	
153	(75°)	37° 30′	Evitar el empleo de los valores entre paréntesis.
200	90°	45°	
346	120°	60°	

EJEMPLO:



En caso de conicidades pequeñas, se recomienda añadir de la conicidad el símbolo ◁ ó ▷ para precisar sin lugar a dudas, el sentido de la conicidad.

20■3 Ejemplos prácticos

20■31 Acotación de una cola de milano

20■311 Análisis de las principales condiciones funcionales.

Para que la guía del carro **2** sobre la corredera **1** sea correcta, es necesario:

- que el juego JA asegure una guía suficientemente precisa.
- que haya un juego mínimo JB en el fondo de la cola de milano, con la finalidad de evitar un exceso de apoyo.
- que las superficies en contacto aseguren un acoplamiento más perfecto posible.

20■312 Cadena mínima de cotas

Las cadenas mínimas teóricas se indican en la figura 1. Sin embargo, es más fácil normalmente, sobre todo para fabricaciones en pequeñas series, tomar las cotas deducidas de la condición funcional J'A.

Por ello es muy corriente acotar según la cadena de cotas de la figura 2.

El ángulo α puede o sujetarse a tolerancia, o comparado con un calibre de referencia.

20■32 Acotación de un cono de apoyo

20■321 Análisis funcional

El acoplamiento de los dos conos ha de ser lo más perfecto posible. Ambos conos tienen pues la misma abertura con una tolerancia muy reducida. El montaje cónico determina un eje. Si la posición de este eje es funcional se acota la inclinación de una generatriz con relación al eje, bien por el semiángulo en el vértice α bien por la pendiente de esta generatriz (§ 20.2).

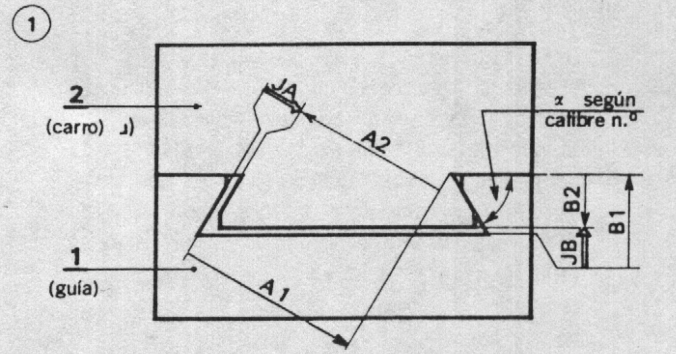
El «plano de calibrado» representa la zona preferente de ajuste.

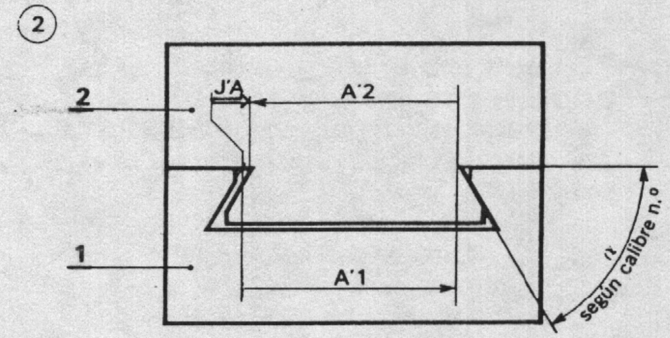
Debe elegirse próximo al diámetro mayor de las superficies cónicas.

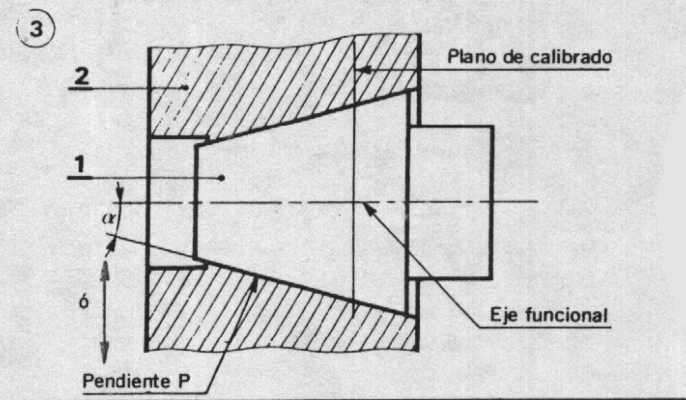
OBSERVACIÓN:

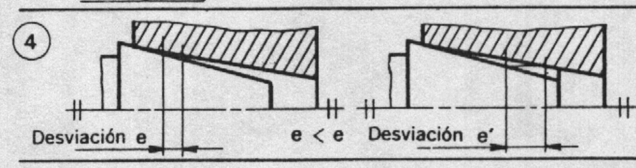
En lo posible evitar el diseño de un montaje cónico como el que se indica en la fig. 5, pues después de montajes y desmontajes sucesivos el acoplamiento acaba siendo defectuoso.

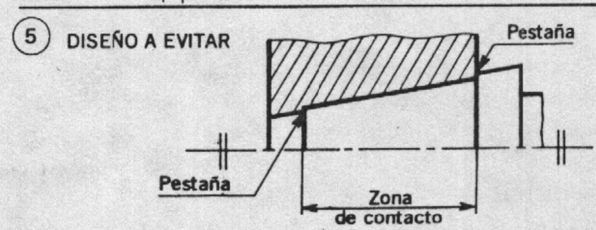
Preferir el representado en la fig. 3.











20■3 Ejemplos prácticos

20■31 Acotación de una cola de milano

20■311 Análisis de las principales condiciones funcionales.

Para que la guía del carro **2** sobre la corredera **1** sea correcta, es necesario:

- que el juego JA asegure una guía suficientemente precisa.
- que haya un juego mínimo JB en el fondo de la cola de milano, con la finalidad de evitar un exceso de apoyo.
- que las superficies en contacto aseguren un acoplamiento más perfecto posible.

20■312 Cadena mínima de cotas

Las cadenas mínimas teóricas se indican en la figura 1. Sin embargo, es más fácil normalmente, sobre todo para fabricaciones en pequeñas series, tomar las cotas deducidas de la condición funcional J'A.

Por ello es muy corriente acotar según la cadena de cotas de la figura 2.

El ángulo α puede o sujetarse a tolerancia, o comparado con un calibre de referencia.

20■32 Acotación de un cono de apoyo

20■321 Análisis funcional

El acoplamiento de los dos conos ha de ser lo más perfecto posible. Ambos conos tienen pues la misma abertura con una tolerancia muy reducida. El montaje cónico determina un eje. Si la posición de este eje es funcional se acota la inclinación de una generatriz con relación al eje, bien por el semiángulo en el vértice α bien por la pendiente de esta generatriz (§ 20.2).

El «plano de calibrado» representa la zona preferente de ajuste.

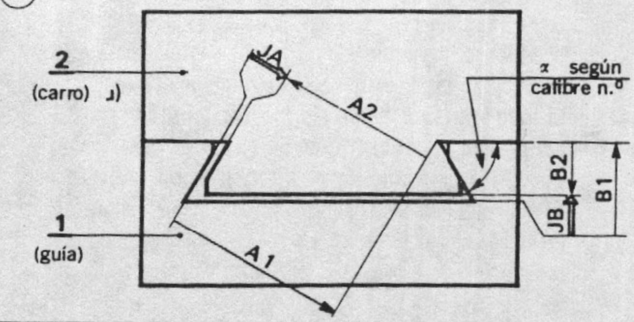
Debe elegirse próximo al diámetro mayor de las superficies cónicas.

OBSERVACIÓN:

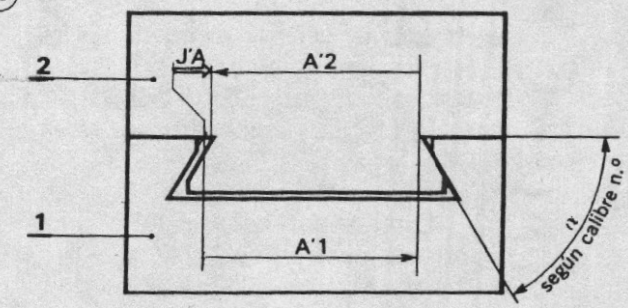
En lo posible evitar el diseño de un montaje cónico como el que se indica en la fig. 5, pues después de montajes y desmontajes sucesivos el acoplamiento acaba siendo defectuoso.

Preferir el representado en la fig. 3.

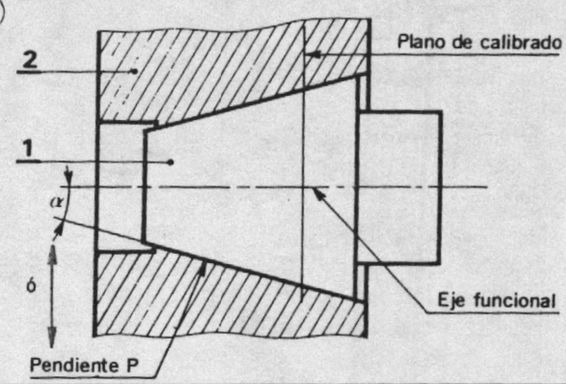
1



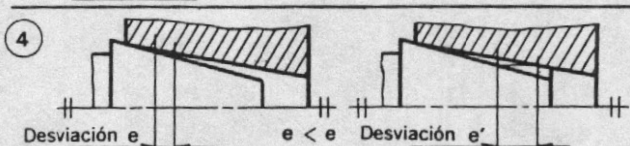
2



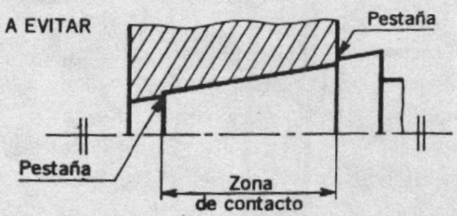
3



4



5 DISEÑO A EVITAR



20.332 Cadena mínima de cotas

En la cadena de cotas (fig. 5 de la página anterior) se ve que la condición funcional J depende directamente de las cotas que fijan la posición de los planos de calibrado en relación con las superficies de apoyo.

20.333 Dibujos parciales de definición de las piezas 1 y 2

Consecuencia de las tolerancias requeridas por la fabricación (ver observación § 14.21), una superficie cilíndrica viene obligada a quedar comprendida entre dos cilindros coaxiales o dicho de otra formal entre dos conos de abertura 0º.

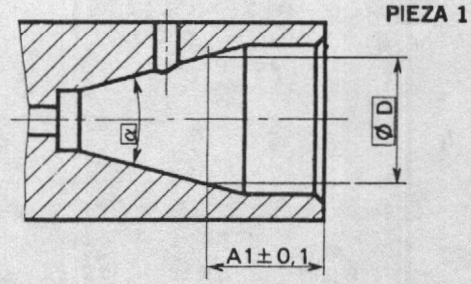
De ello resulta que una superficie cónica está obligada a quedar comprendida entre dos conos del mismo eje y abertura igual a la abertura nominal. Este valor se recuadra para indicar que se trata de una cota no sujeta a tolerancias.

La fig. 3 representa las zonas de tolerancia para las piezas 1 y 2, así como los juegos mínimo y máximo que resultan.

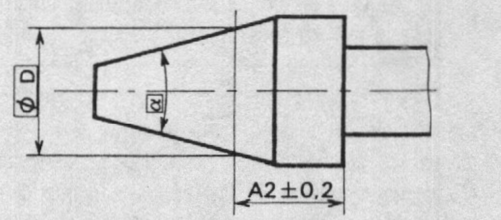
OBSERVACIÓN

El resultado es idéntico si se recuadra la cota de posición del plano de calibrado y se afecta de tolerancia el diámetro a calibrar. Sin embargo, y con objeto de conservar una analogía con la acotación de un cono de apoyo, no se aconseja el empleo de este método.

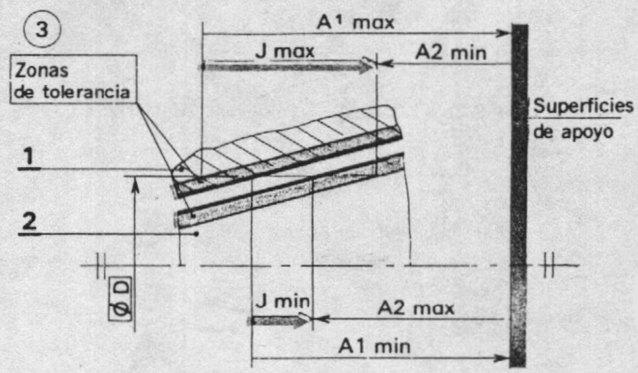
1



2



3



20.34 Acotación de la parte fresada de un tornillo avellanado

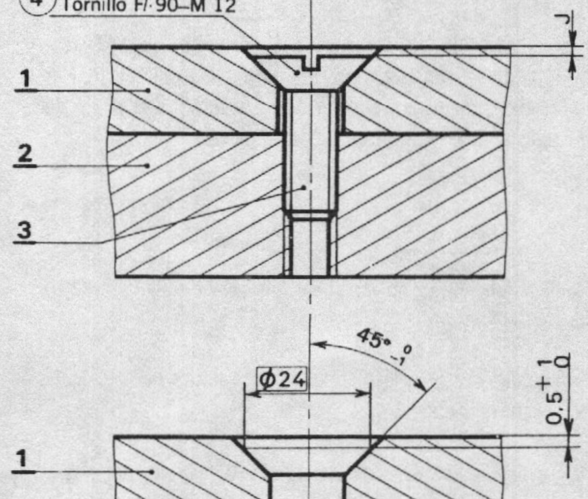
20.341 Análisis funcional

Una vez apretadas las piezas **1** y **2** la cabeza del tornillo no debe sobresalir, por lo que debe existir un juego J.
Para una correcta unión los ejes de la parte cónica y del tornillo roscado deben confundirse. En la práctica, por razones de coste, esta condición no se cumple de forma tajante.

20.342 Acotación de la parte fresada

La acotación de la parte fresada es análoga a la de un cono de apoyo que materialice un eje funcional (§ 20.32). El diámetro de calibrado elegido corresponde normalmente al mayor de los diámetros de la cabeza del tornillo.

4



21 Comentarios sobre la acotación funcional

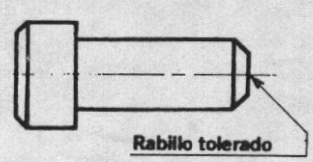
La acotación funcional de un dibujo debe asegurar:
- **que toda pieza que se ajuste al dibujo pueda ser utilizada.**
- **que toda pieza que pueda ser utilizada no se rechace por no ajustarse al dibujo.**

Para aplicar esta última condición **sólo deben indicarse en los planos las condiciones funcionales que deben ser tenidas en cuenta a efectos de control de recepción.**
Cualquier otra condición no funcional se deja a la iniciativa de los servicios de fabricación.

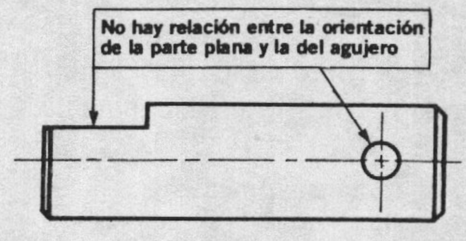
Los ejemplos siguientes muestran cómo anotar en los planos las indicaciones que permiten a los servicios de fabricación el máximo de libertad. Si los puntos de centrado pueden quedar en la pieza terminada, es interesante puntualizarlo. Pueden ser útiles:
- Para el mecanizado de la pieza (torneado, rectificación).
- Para su verificación (cilindricidad, redondez, coaxiliadad).



La nota «rabillo tolerado» es interesante en particular para las piezas que se obtienen por decoletaje.



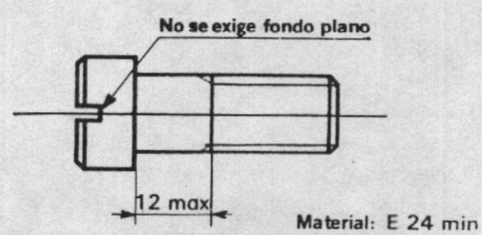
Indicaciones tales como «No hay relación entre la orientación de la superficie plana y la del eje del taladro» si funcionalmente es posible, debe ponerse, con el fin de reducir el precio de coste de la pieza.



La nota «no se exige fondo plano» permite el fresado frontal.

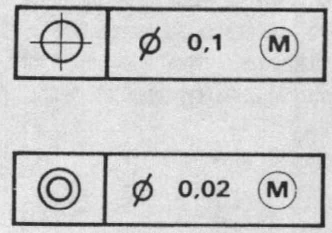
La cota «12 máx» indica que el otro límite es funcionalmente indiferente.

Se puede también, cuando ello sea posible, dejar una cierta libertad en cuanto a la elección del material a emplear



22 Condición de «máximo material»

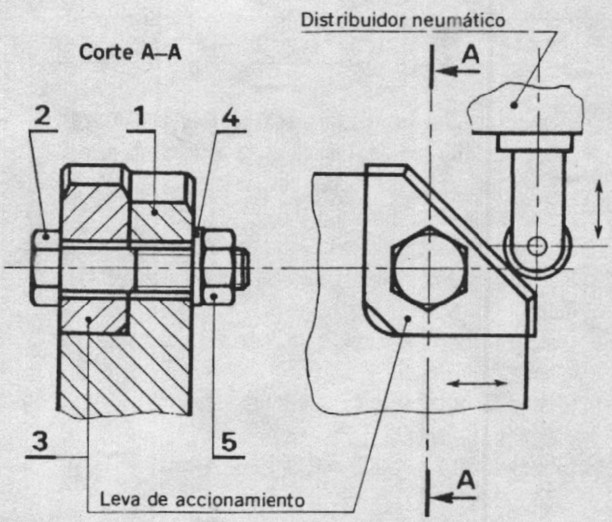
NF E 04-009 y NF E 04-019



La condición de «máximo material» establece una interdependencia entre una tolerancia de posición (§ 17-5) y el volumen de materia que afecta a un elemento de la pieza. Se indica por el símbolo Ⓜ situado a continuación de una tolerancia de posición.

22■1 Posición de un eje

Se trata de estudiar a partir de un dibujo parcial del accionamiento de un distribuidor neumático, concretamente para las piezas **1** y **3,** la acotación del agujero para el tornillo H M6 (pieza marca 2).



22■11 Análisis

Una superficie cilíndrica está determinada si se conoce:

- la posición teórica de su eje y la zona de tolerancia en el interior de la cual debe quedar.
- el valor de su diámetro nominal y de su tolerancia.

Estando la leva **3** en contacto con sus caras de apoyo, la elección de las tolerancias debe hacerse de forma tal que permita en todos los casos el paso del tornillo. **Las condiciones más desfavorables se presentan cuando el diámetro del agujero es mínimo, es decir cuando el diámetro es el que corresponde al máximo de materia para la pieza, y cuando el descentrado es máximo.**

22■12 Estudio de las tolerancias

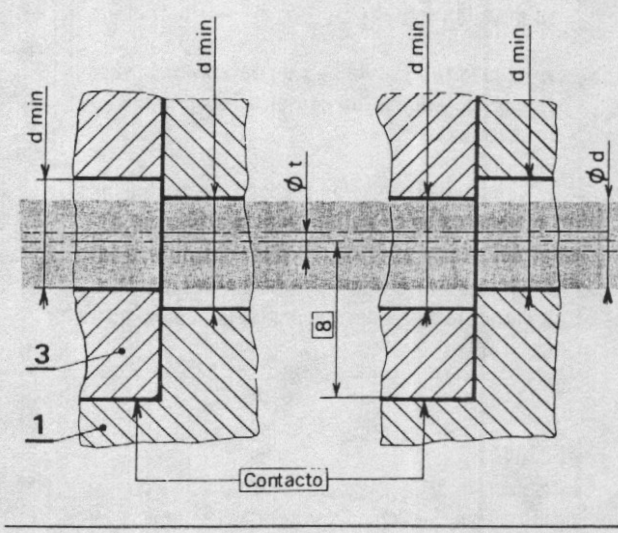
La tolerancia de posición (**t**) del eje de un agujero no puede ser elegida arbitrariamente. La misma debe asegurar para el diámetro mínimo (**d mín**) y en sus posiciones límites el paso del tornillo. O sea una zona cilíndrica libre de materia del diámetro **d** = 6.

Los valores **d, d mín** y **t** deben cumplir la relación:

d = d mín − t	(1) o	**d mín = d + t**

o sea que en nuestro caso, si se elige **t** = 0,2:

d min = **d** + **t** = 6 + 0,2 = 6,02 mm.



22■13 Estudio funcional

Hay que determinar las posiciones límites que pueden ocupar los agujeros cuando aumenta su diámetro. Sea $\mathbf{d_1}$ uno de estos diámetros comprendido entre **d mín y d máx,** y $\mathbf{t_1}$ el diámetro de la tolerancia correspondiente a estas posiciones límite.
Para ambas piezas se tiene:

$$\mathbf{d = d_1 - t_1}$$

por otra parte, $\mathbf{d} = \mathbf{d}$ **mín** $- \mathbf{t}$ (relación 1 § 22-12),

por consiguiente $\mathbf{d_1 - t_1} =$ **d mín – t,**

o sea:	$\mathbf{t_1 = t + (d_1 - d\ mín)}$

El montaje del tornillo es aún posible con piezas fuera de tolerancias. También, para no eliminar piezas que son utilizables, se anota a continuación de la tolerancia de posición el símbolo Ⓜ.
El mismo permite un rebase limitado de la tolerancia en función del diámetro real obtenido $\mathbf{d_1}$ en la pieza considerada.
O sea en el caso extremo, para cada pieza en estado de mínimo de material:
$\mathbf{t_1}$ **máx** $= \mathbf{t + (d\ máx - d\ mín)}$,
y para este ejemplo:
$\mathbf{t_1}$ **máx** $= 0{,}2 + (6{,}7 - 6{,}2) = 0{,}7$ mm.

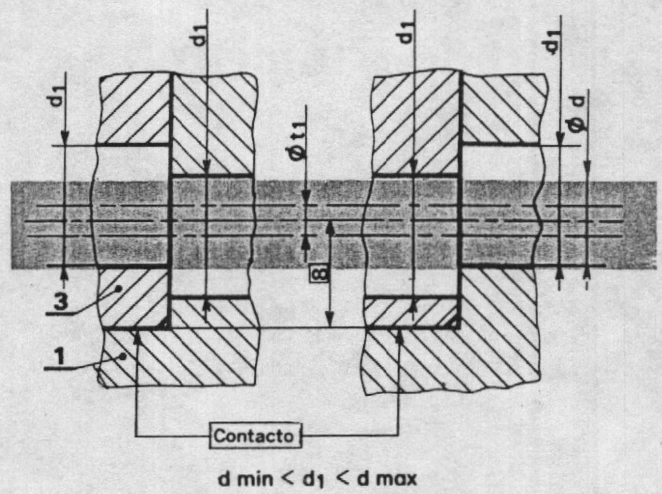
RESUMIENDO:

El símbolo Ⓜ a continuación de una tolerancia de posición indica:

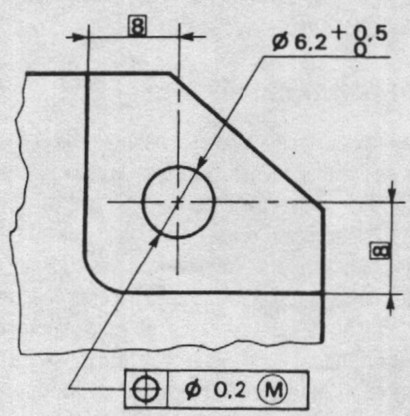
- **que la tolerancia ha sido determinada suponiendo los elementos con el máximo admisible de materia.**

- **que ello permite un rebase limitado cuando los elementos no se hallen en esta situación. El valor del mismo es igual, en valor absoluto, a la diferencia entre el diámetro real obtenido d1 y el diámetro d mín correspondiente al máximo de material para la pieza.**

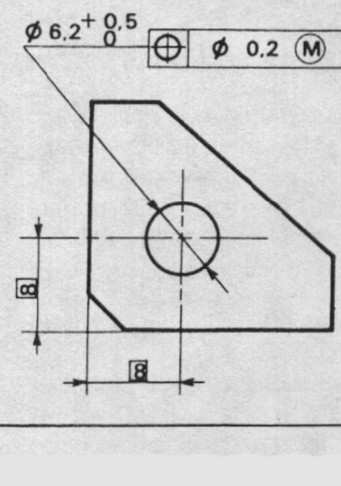
OBSERVACIÓN:
Este aumento de la tolerancia es tanto más interesante cuanto más pequeñas son las tolerancias de posición.



Pieza 1



Pieza 3



22.14 Norma para la verificación

En primer lugar se asegura uno que el diámetro $\mathbf{d_1}$ del agujero es inferior o a lo sumo igual al diámetro máximo admisible.

$$\mathbf{d_1 \leq máx}$$

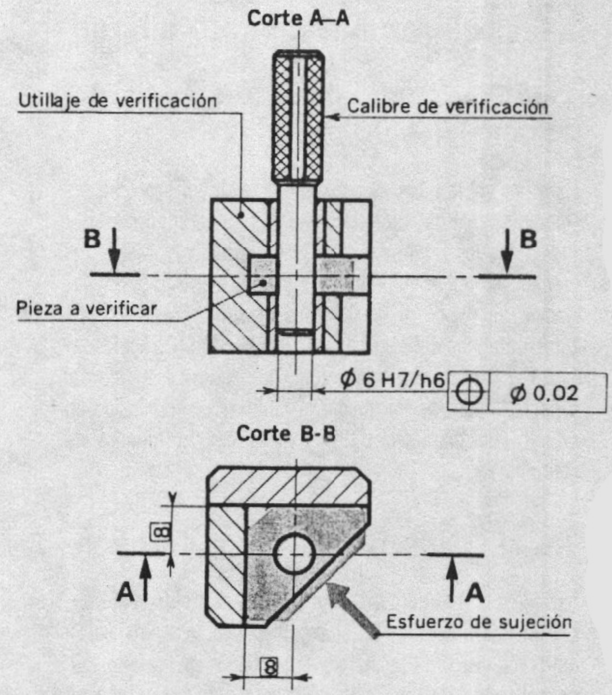
o sea: $\mathbf{d_1} \leq 6{,}7\text{mm}.$

A continuación se verifica la posición del agujero.

La marca Ⓜ obliga de hecho al empleo de un calibre «pasa», por ejemplo para la leva 3. Esta está orientada en un útil de verificación a través de sus caras de apoyo. Un dispositivo de apriete, no representado en el dibujo, asegura el contacto con el útil. La posición del agujero se considera correcta si se puede introducir en la pieza un calibre de diámetro **d** = 6 mm (**d** = **d mín − t**), cuyo eje coincida exactamente con el teórico del agujero.

OBSERVACIÓN:
Las tolerancias de fabricación de los instrumentos de verificación deben ser inapreciables en relación con las tolerancias de los elementos que controlan. En general se aplica la siguiente norma:

> **tol. elemento verificador = 1/10 tol. elemento controlado.**

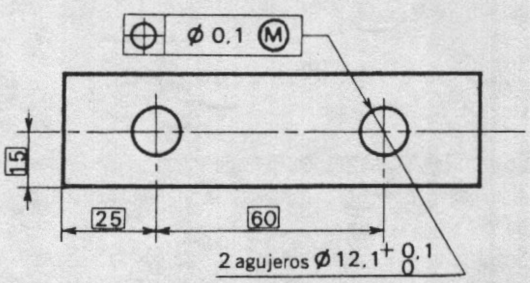


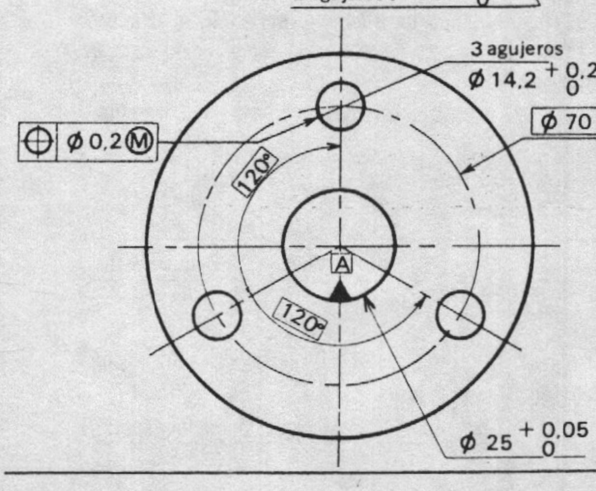
22.2 Posicionado de ejes paralelos

Con frecuencia se encuentran los dos ejemplos de acotación contiguos.
Para el segundo ejemplo si la posición de los taladros depende del diámetro del agujero [A], se añade después de la anotación
|⊕|⌀ 0,2Ⓜ|, el símbolo |A Ⓜ|

o sea: |⊕|⌀ 0,2 Ⓜ|A Ⓜ|

De esta forma se indica que la tolerancia de posición de los taladros (⌀ 0,2) puede exigirse cuando los diámetros de los taladros y del agujero central corresponden al estado de máximo material para la pieza, o sea ⌀ 14,2 y ⌀ 25. Esta tolerancia de posición se puede rebasar ligeramente si los diámetros citados aumentan (§ 22.1).





22■3 Aplicación a las tolerancias de coaxialidad

22■31 Estudio de la tolerancia de coaxialidad

Para las tolerancias de coaxialidad, al igual que para las tolerancias de posición, la condición de máximo material indica que las tolerancias han sido fijadas suponiendo los elementos con el máximo de material admisible. Supongamos un diámetro de 16 para el cilindro afectado de tolerancia y un diámetro de 20 para el cilindro de referencia. Para una pieza con dichas dimensiones, el eje del primer cilindro ha de quedar situado en el interior de un cilindro de diámetro 0,05, coaxial con el cilindro de referencia.

22■32 Norma para la verificación

La marca (M) implica prácticamente el efectuar el control de la tolerancia de coaxialidad con la ayuda de un calibre «pasa». Este calibre debe tener un vaciado que permita el montaje de la pieza estando ésta con el máximo material y ocupando sus elementos las posiciones límites compatibles con las tolerancias. Tolerancias del calibre patrón: v. § 22.14.

22■33 Estudio del rebase de la tolerancia

Cuando los diámetros de los dos cilindros de la pieza disminuyen, es posible sobrepasar la tolerancia de coaxialidad $t = \varnothing\ 0{,}05$.

Sea **d** el valor del diámetro del cilindro sujeto a tolerancias comprendido entre **d mín** y **d máx**, y $\mathbf{D_1}$ el valor del diámetro del cilindro de referencia comprendido entre **D mín** y **D máx.**

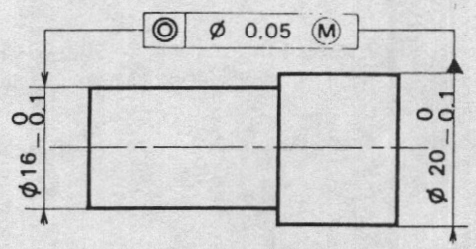
Valor de la excentricidad máxima $\mathbf{t_1}$ entre los dos cilindros:

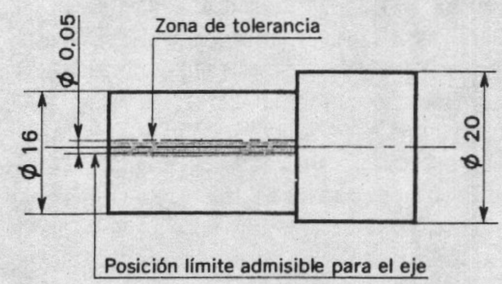
$$t_1 = \frac{d\ max + t - d_1}{2} + \frac{D\ max - D_1}{2}$$

$$\text{ó} \quad t_1 = \frac{t}{2} + \frac{d\ max - d_1}{2} + \frac{D\ max - D_1}{2}.$$

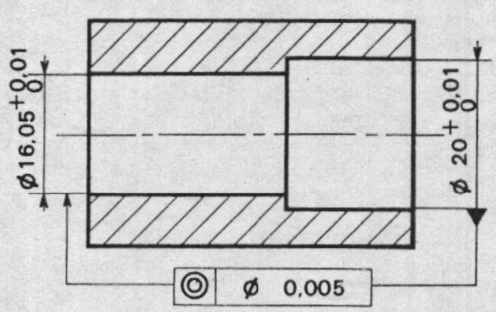
En el caso de que la pieza se halle en estado de mínimo de material ($\mathbf{d_1} = \mathbf{d\ mín}$):

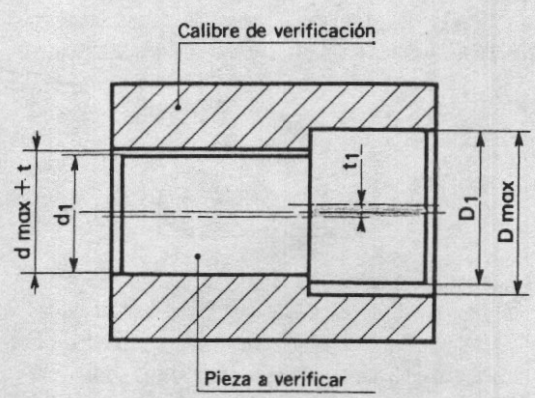
$$\mathbf{t_1\ máx} = \frac{t}{2} + \frac{\text{tolerancia sobre } \mathbf{d}}{2} + \frac{\text{tolerancia sobre } \mathbf{D}}{2}$$



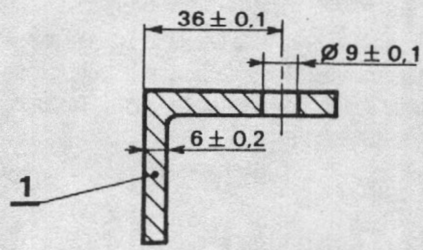


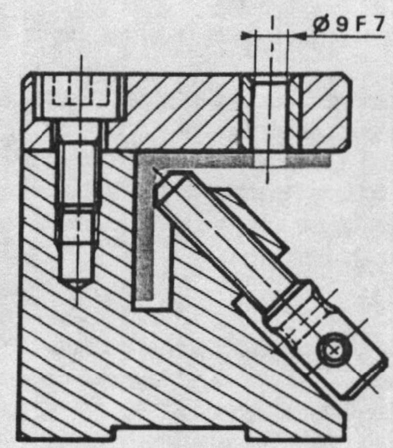
CALIBRE DE VERIFICACIÓN





23 La fabricación y la acotación funcional

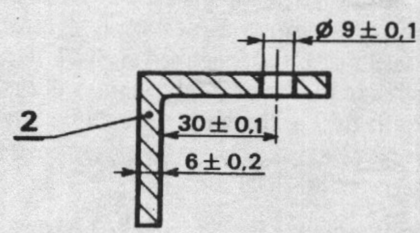




23■1 La cota mecanizada es la misma que la cota funcional

Cuando una cadena de cotas es la mínima, cada una de sus cotas se halla afectada de la mayor tolerancia posible (§ 19.414).

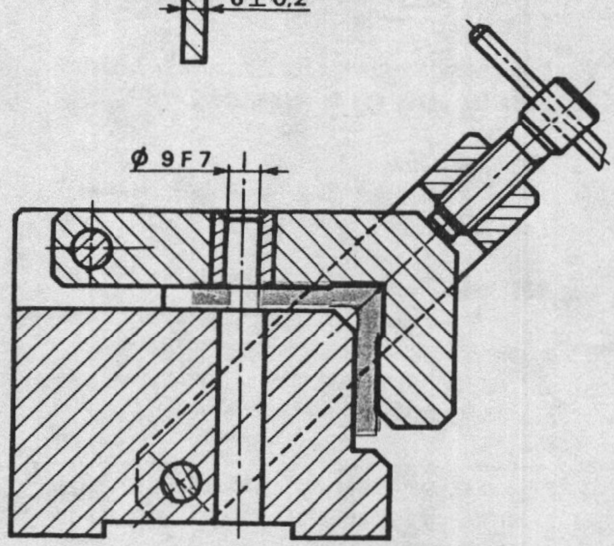
Estas cotas, llamadas «funcionales» son las que figuran en los dibujos que definen el producto acabado.
Con el fin de conseguir la máxima amplitud en las tolerancias, las oficinas de métodos y los talleres se esfuerzan en concebir la fabricación de manera que las cotas mecanizadas sean las mismas que las cotas funcionales.



23■11 Primer ejemplo

Este ejemplo muestra la influencia de la acotación en el diseño de un utillaje para taladrar.

La diferencia en el diseño de los dos utillajes que se presentan proviene de que la cota de posición del agujero no es la misma para las dos piezas. En efecto: si el utillaje de la pieza **1** se empleara para la pieza **2** no se podría conseguir la cota 30 ± 0,1 debido a la tolerancia ± 0,2 de la cota 6

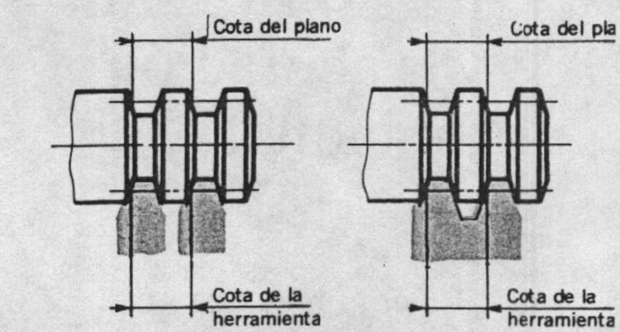


> **En cada utillaje se debe poder localizar la cota que hay que respectar del plano.**
> **Esta cota debe señalar la posición del útil con relación a las superficies de apoyo pieza-útil.**

OBSERVACIÓN:
En principio la tolerancia la «cota utillaje» es la dé cima parte de la tolerancia de la «cota plano».

23■12 Segundo ejemplo

Se puede igualmente volver a encontrar la «cota plano» en la «cota herramienta», es decir, que la cota del plano corresponde a la distancia entre dos aristas cortantes de una o varias herramientas.



23■2 Transfert de cotas

La cota mecanizada no es la misma que la cota funcional.

Hay casos en que por razones particulares y bien definidas, los servicios de fabricación pueden tener que adoptar una acotación que no sea la acotación funcional. Este cambio de cotas se denomina transfert de cotas. Tiene el **inconveniente,** como veremos en el ejemplo que sigue, de **reducir las tolerancias.**

EJEMPLO:

Si los servicios de fabricación deciden mecanizar la pieza contigua en una máquina de puntear, una acotación a partir de dos caras de referencia X e Y es muy útil para la ejecución. La cota 25 en este caso se sustituye en la acotación de fabricación por la diferencia entre las cotas 45 y 20. Es posible representar este transfert de cotas en forma de una cadena de cotas, cuya condición J es la cota que se ha sustituido. Los principios sentados en § 19.41 son aplicables. **En particular la tolerancia de la condición resultante J es igual a la suma de las tolerancias de las cotas** que componen la cadena de cotas A y B, una tolerancia de ± 0,01.

La tolerancia sobre la cota suprimida se reparte entre las cotas que la reemplazan.

COMPROBACIÓN:

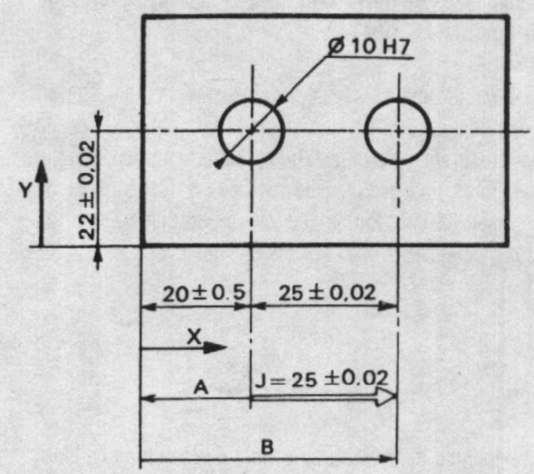
J máx = B máx – A mín = 45,01 – 19,99 = 25,02.
J mín = B mín – A máx = 44,99 – 20,01 = 24,98.

OBSERVACIONES

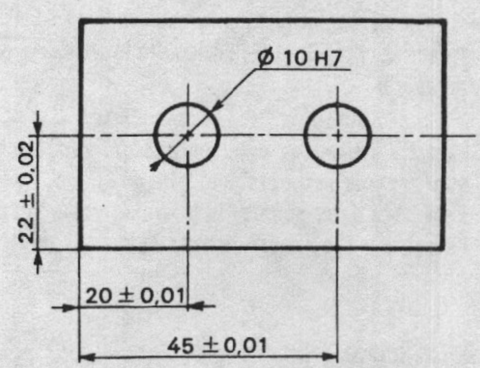
- La acotación de fabricación ha reducido considerablemente las tolerancias, concretamente la cota 20.
- Para evitar errores efectuar un transfert de cotas con tolerancias simétricas (±).

> ■ **Sea cual sea la acotación de fabricación, la verificación final deberá hacerse sobre las cotas funcionales.**

ACOTACIÓN FUNCIONAL



ACOTACIÓN DE FABRICACIÓN



24 Influencia de la dilatación

24■1 Influencia sobre las dimensiones

Las dimensiones de una pieza son función directa de la temperatura de la misma.

Sea Lo la longitud de una pieza a 0° C. Su longitud Lt a t° C viene dada por la expresión: **LT = Lo (1 + λ · t)** · λ = coeficiente de dilatación lineal (alargamiento que experimenta la unidad de longitud de la pieza cuando la temperatura se eleva 1° C).

OBSERVACIONES:

- Un cuerpo ahuecado se dilata igual que si fuera macizo.
- **Tener en cuenta las variaciones de temperatura al señalar las tolerancias** sobre las dimensiones de la pieza.
- **Los instrumentos de medida están calibrados a 20° C.**

Para evitar errores debidos a la dilatación, la verificación de las medidas de una pieza (sobre todo si son grandes y si las tolerancias son reducidas) debe efectuarse también a 20° C.

24■2 Influencia en el diseño

VENTAJAS:

La dilatación y la contracción se utilizan con frecuencia para unir sólidamente dos o más piezas por apriete elástico.

Por ejemplo:

- Unión completa de dos piezas (casquillos, camisas, etc. fig. 1).
- Reforzamiento de una pieza (zunchado de un tubo sometido a una fuerte presión interior, fig. 2).
- Sujeción de diversos componentes de una pieza (matriz de un útil de estampar, fig. 3).

INCONVENIENTES:

Si la pieza no tiene posibilidad de dilatarse (o de contraerse), se originan tensiones internas, que dan lugar a una deformación de la misma o a su fractura.

Al diseñar un mecanismo, hay que tener en cuenta, pues, la posibilidad de dilatación. Por ejemplo:

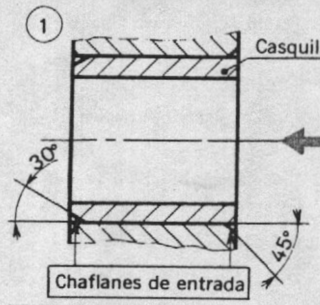
- montaje de rodamientos (§ 40.52).
- lira compensadora o bucle para tuberías (fig. 4).

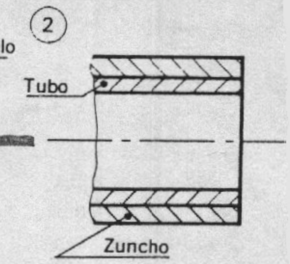
VALOR DE LOS COEFICIENTES DE DILATACIÓN LINEAL*

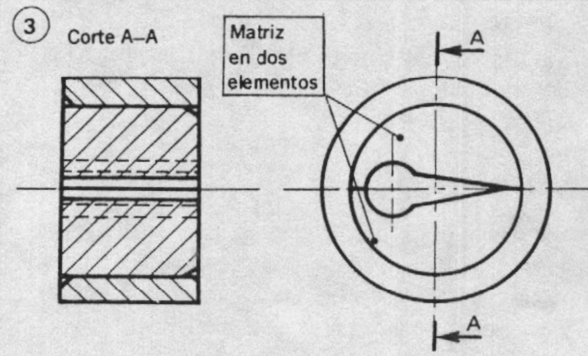
Acero	12	**Magnesio**	23
Aluminio	23	**Nylon**	100-150
Antimonio	11	**Oro**	15
Plata	19	**Platino**	9
Bronce	18	**Plomo**	29
Cobre	17	**Poliestireno**	60-80
Estaño	23	**Pyrex**	3
Hierro	12	**Rilsan**	150
Fundición	11	**Tungsteno**	4
Acero invar	1	**Vidrio**	9
Latón	19	**Cinc**	30

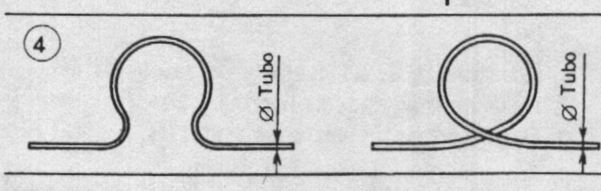
***Hay que multiplicar los valores de la tabla por 10^{-6}.**
Por ejemplo, para el aluminio: $23 \times 10^{-6} = 0{,}000023$

Nota: Para tener rápidamente una idea del orden de magnitud de la dilatación recordar que 23 (tomando por ejemplo el aluminio) representa el alargamiento en micras para una longitud de un metro sometido a un aumento de temperatura de 1° C.









25 El isostatismo

25■1 Definición

El isostatismo es una teoría que hay que dominar antes de emprender cualquier estudio de construcción. Define la posición relativa de dos piezas por un número de condiciones que es el exigido por la geometría.

25■2 Principio

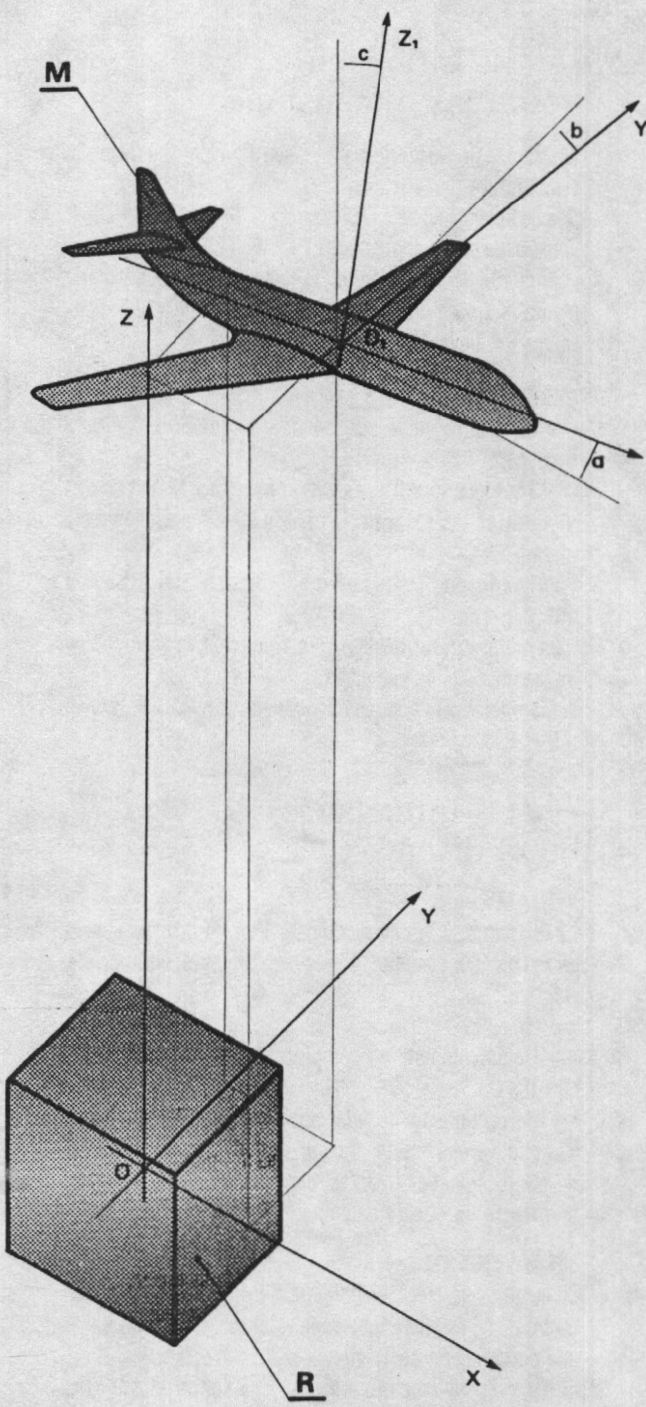
Sea a definir la posición de una pieza M con respecto a una pieza R tomada como referencia. Se asocia a cada una de las piezas un triedro trirrectángulo de referencia. Sean $O_1X_1Y_1Z_1$ y OXYZ estos triedros respectivos.

La posición de la pieza M está definida si se conocen las coordenadas del origen O_1 del triedro $O_1X_1Y_1Z_1$ y los valores angulares a, b y c de la orientación de sus ejes. **La pieza M, supuesta libre en el espacio tiene seis movimientos posibles o seis grados de libertad:**

- **tres de traslación** según los tres ejes (según el eje O_1X_1: avance-según O_1Y_1: deriva-según O_1Z_1: ascensión).
- **tres de giro** alrededor de los tres ejes (alrededor de O_1X_1: balanceo-alrededor de O_1Y_1: cabeceo-alrededor de O_1Z_1: guiñada).

Si se suprimen estos seis grados de libertad, se dice que la pieza tiene seis enlaces. En este caso, la pieza M no puede ocupar con respecto a la pieza R más que **una sola posición.** Una localización de este tipo es **«isostática».**

NOTA:
A seis enlaces corresponden 0º de libertad, a cinco enlaces corresponde 1º de libertad, etc.



25■3 Aplicaciones

En teoría de la construcción se llama ENLACE a un contacto puntual. Es decir, si la pieza tiene seis enlaces, seis contactos puntuales. Para determinar la situación de un contacto se aplica la régla siguiente:

> **La situación de un contacto se determina de manera que el grado de libertad que suprime no esté ya eliminado por otros contactos.**

25■31 Inmovilización de una pieza prismática

La pieza se posiciona en el interior de un triedro OXYZ por medio de seis contactos puntuales, **lo más distanciados posible:**

- tres en el plano XOY (1, 2 y 3 determinan el plano de apoyo),
- dos en el plano XOZ (4 y 5 fijan una dirección de traslación en el plano de apoyo),
- uno en el plano YOZ (6 inmoviliza la pieza en esta dirección).

La pieza se aplica sobre estos contactos por medio de una o de varias fuerzas. Teóricamente, para evitar deformaciones a la pieza, las fuerzas de aplicación **F** se ejercen alineadas con cada contacto (fig. 2). Si la pieza es lo bastante resistente, y si su forma lo permite, es posible, sin embargo, sustituir las fuerzas **F** por sus resultantes parciales $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$, $\mathbf{F_3}$ o por su resultante general **R.**

NOTAS:

- Un travesaño simple (fig. 3) permite sustituir dos fuerzas **F** por su resultante **2F,** al mismo tiempo que ejerce un esfuerzo **F** alineado con cada contacto. Un travesaño complejo permite aplicar este principio a n fuerzas **F.**
- Con objeto de evitar señales en la pieza, si los esfuerzos son importantes se pueden sustituir los contactos puntuales por pequeñas superficies de apoyo (fig. 4).

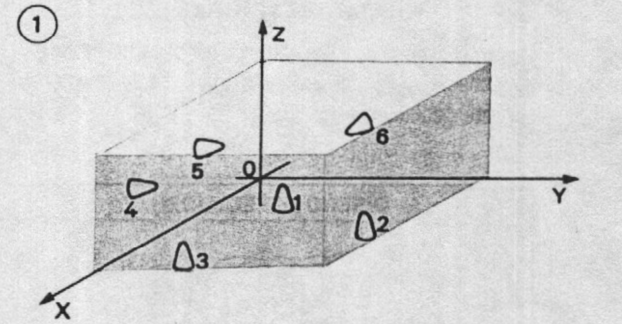
25■32 Principio de Lord Kelvin

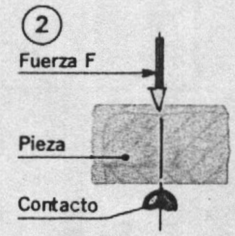
El principio de Kelvin permite la inmovilización de dos piezas por «agujero - recta - plano». El agujero se materializa por un triedro A (que en la práctica se suele sustituir por una superficie cónica) y la recta por un diedro B.

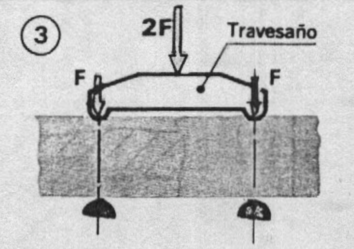
Los soportes esféricos de la pieza **1** se apoyan sobre la pieza **2** por medio de **seis contactos** puntuales: **tres** para el triedro A, **dos** para el diedro B, **uno** para el plano C.

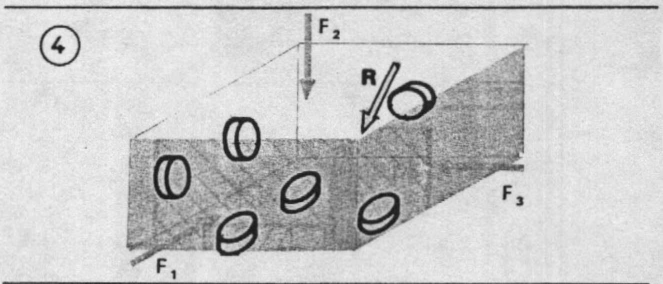
OBSERVACIONES:

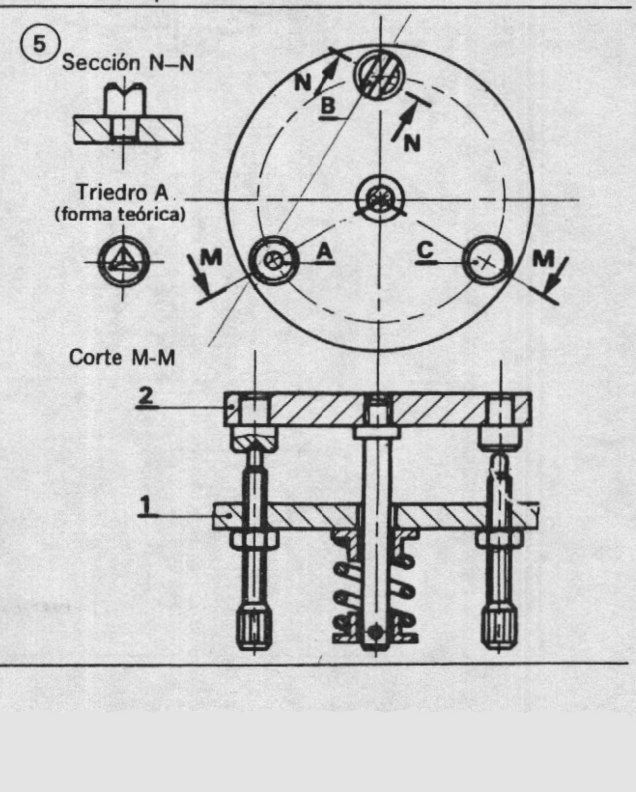
- La inmovilización relativa perfecta de dos piezas **1** y **2** exige que el eje del «agujero A», visto de punta se encuentre en la prolongación del eje de la «recta B».
- Si los soportes esféricos se pueden regular en la dirección de su eje, se obtiene un ajuste angular económico muy preciso de la pieza **2** con respecto a la pieza **1.**







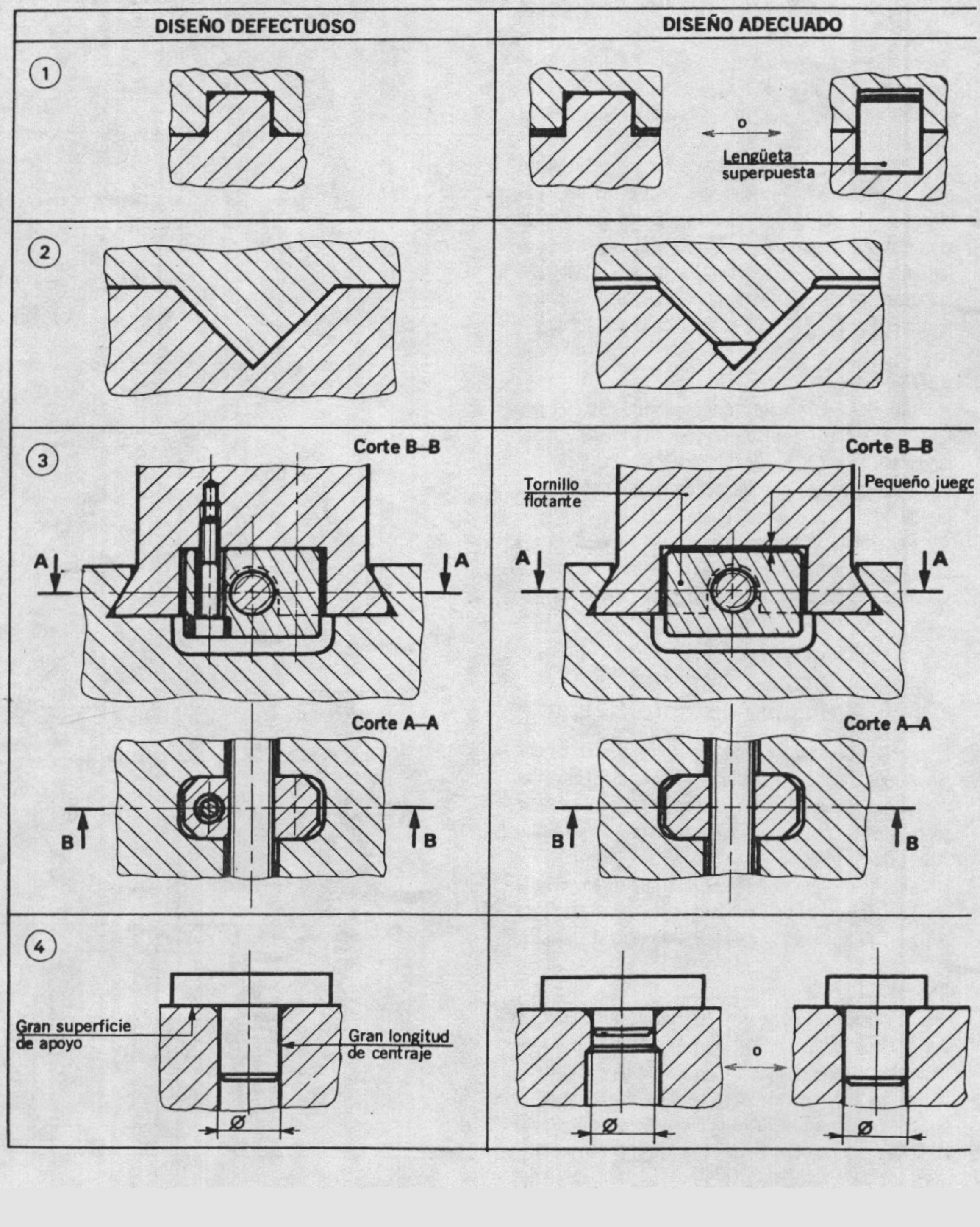




25■33 Generalizaciones

Con frecuencia, se ve uno obligado por cuestión de carga, de deformaciones o de pedido, a apartarse de soluciones puramente geométricas.

Sin embargo, es necesario mantener el espírit estos principios, evitando cualquier unión o tacto superfluo (ver los ejemplos que siguen).



26 Construcción moldeada

El moldeo permite obtener piezas macizas o huecas aunque presenten formas muy complicadas. Se obtiene una notable economía de material y se reducen considerablemente los costes de mecanizado. Algunos procedimientos de moldeo en especial la fundición en coquilla y a presión, y el moldeo a cera perdida pueden suprimir, para muchas piezas, todo mecanizado.

26■1 Fundamentos del moldeo

Los principales procedimientos de moldeo son:

- ■ El moldeo en arena sílico-arcillosa y sus derivados (mezclas autosecantes, utilizando gas carbónico, a modelo perdido, procedimiento Shaw, etc.).
- ■ El moldeo en molde metálico o fundición en coquilla (por gravedad, por inyección, por vacío).
- ■ El moldeo a cera perdida.

26■11 Moldeo en arena

El moldeo en arena puede aplicarse a todos los metales, en especial a los de elevado punto de fusión (hierros y aceros). Es adecuado para pequeñas series de piezas. Prácticamente es el **único procedimiento que se emplea para las piezas muy grandes.**

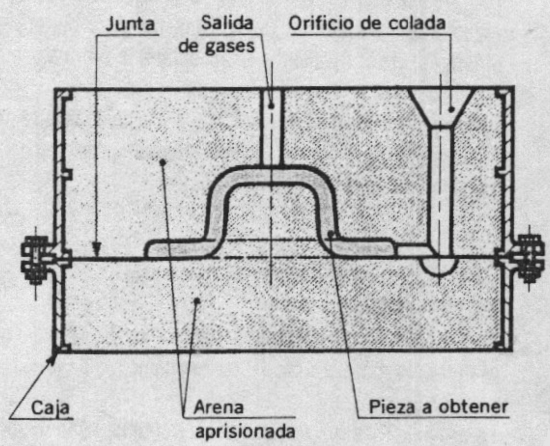
Un molde comporta, en general y como mínimo, dos piezas: una caja inferior y una caja superior. La superficie de contacto entre ambas constituye **la junta del molde.** El molde de la pieza se consigue generalmente con la ayuda de un «modelo» en madera o en metal*. A fin de poder extraer el molde sin arrancar arena es necesario proveer las superficies inclinadas, o en «despulla».

Las **FORMAS INTERIORES** de una pieza pueden obtenerse mediante uno o más **«NOYOS»** en arena que las materialicen.

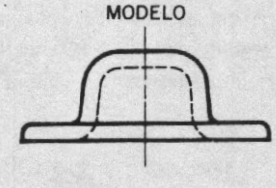
OBSERVACIÓN: El molde en arena se destruye cuando la pieza se ha solidificado.

* En el caso de un moldeo a modelo perdido, el modelo es de poliestireno expansionado y queda retenido por la arena. Se destruye al colar el metal líquido. Este procedimiento es adecuado para una fabricación unitaria (prototipos, utillajes de mecanización, etc.).

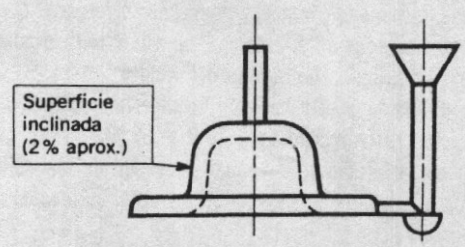
PRINCIPIO DE MOLDEO EN ARENA



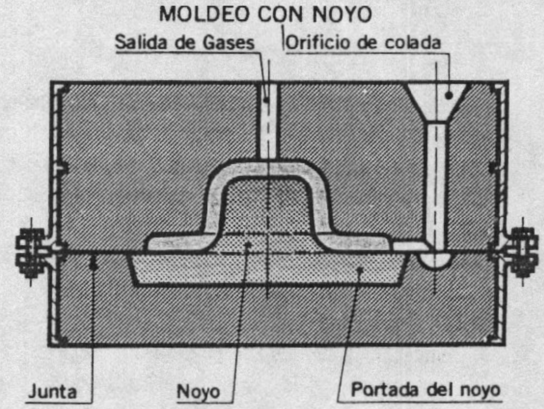
MODELO



ASPECTO DE LA PIEZA AL SALIR DEL MOLDE



MOLDEO CON NOYO



26■12 Moldeo en coquilla

El moldeo en coquilla es adecuado para materiales con punto de fusión inferior a 900 °C (aleaciones de cobre, aleaciones de aluminio, aleaciones de zinc, materiales plásticos, etc.). Se adapta en especial a la fabricación de piezas pequeñas y medianas.
El material puede colocarse: sea por gravedad, sea por inyección a presión, sea por depresión (produciendo el vacío en la coquilla).

26■121 Moldeo en coquilla por gravedad

El procedimiento es análogo al moldeo en arena salvo que el molde es metálico. Se utiliza el mismo molde para todo un lote de piezas.
La precisión y el estado superficial obtenido son mejores que con el moldeo en arena (ver cuadros § 16.2 y 16.39).
El elevado precio de los moldes hace que este procedimiento no se utilice más que a partir de fabricaciones que impliquen series medianas.

26■122 Moldeo en coquilla a presión

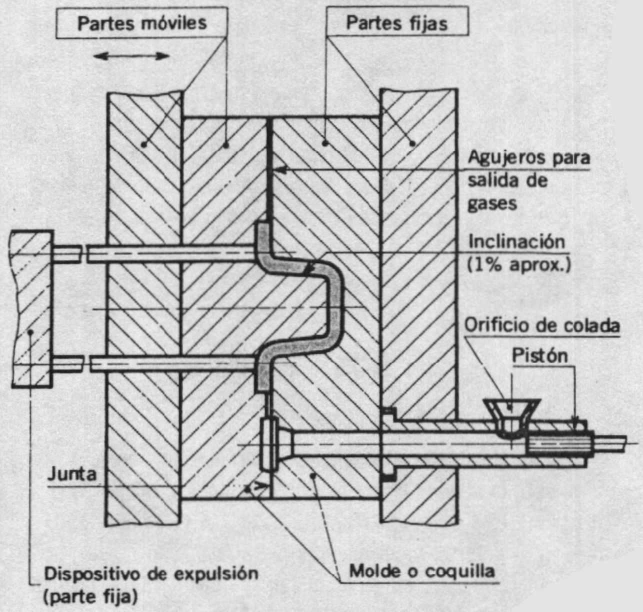
El metal fundido se inyecta a presión en el molde. Así es posible conseguir formas complicadas o delgadas que los procedimientos anteriores no permitirían (dificultades de llenado de todas las partes del molde).
La precisión y el estado de la superficie obtenido son excelentes (ver cuadros § 16.2 y 16.39).
Debido al precio relativamente elevado de los moldes, este procedimiento sólo se utiliza para fabricaciones en grandes series.

26■13 Moldeo a cera perdida

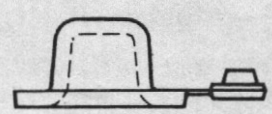
El moldeo a cera perdida es adecuado a todos los metales empleados en la fundición. El precio de coste es elevado pero permite obtener piezas pequeñas y medianas con un grado de precisión y de calidad superficial realmente notables (ver cuadros § 16.2 y 13.39).
Las piezas normalmente son moldeadas «en racimo». **Las principales etapas para la obtención de una pieza son las siguientes:**

- confeccionar un modelo en cera o en resina,
- recubrir el modelo con un barniz refractario,
- situar el racimo en un chasis y mantenerlo en posición mediante una arena fina especial,

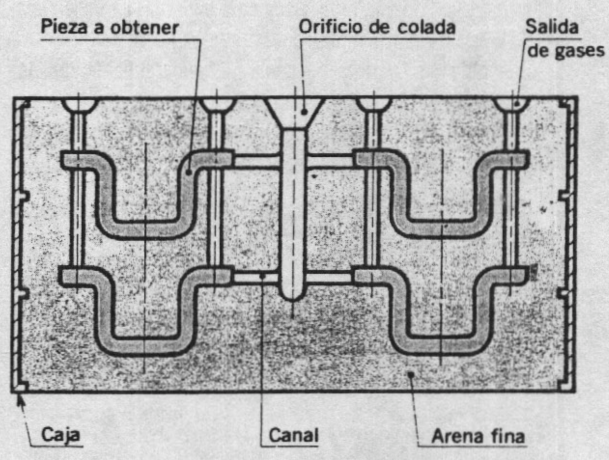
PRINCIPIO DE MOLDEO EN COQUILLA A PRESIÓN



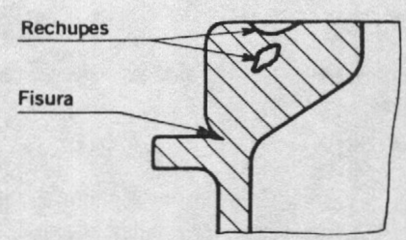
ASPECTO DE LA PIEZA AL SALIR DEL MOLDE



PRINCIPIO DE MOLDEO A CERA PERDIDA

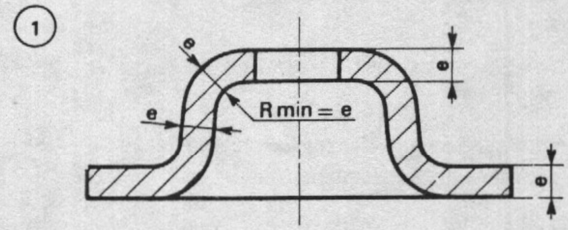


- eliminar la cera generalmente por calefacción (chasis volteado),
- colar el material,
- extraer el racimo de piezas, después de solidificado, destruyendo el molde,
- cortar los conductos de colada y las mazarotas.



26■2 Trazado de piezas moldeadas

Para obtener piezas homogéneas sin fisuras ni rechupes es necesario tener en cuenta algunas reglas indispensables. Por otra parte, por razones económicas (eventual modificación de un dibujo para reducir el precio del molde), es aconsejable consultar a un especialista antes de dar por definitivo el trazado de la pieza.

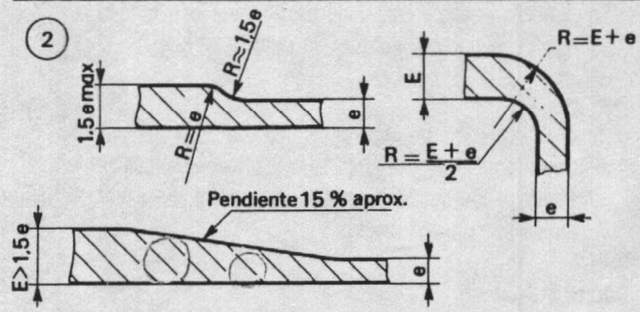


REGLA 1

Las piezas deben tener un espesor tan uniforme como sea posible. Se evitarán los ángulos vivos reemplazándolos por arcos de enlace.

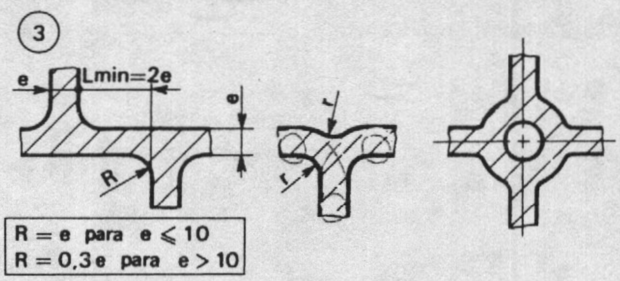
REGLA 2

Si no se pueden evitar distintos espesores éstos deben unirse del modo más uniforme posible.
Como en el caso anterior, se evitarán los ángulos vivos reemplazándolos por arcos de enlace.
El aumento de masa es sensiblemente proporcional a la relación de las superficies de los círculos inscritos. En general, se procurará no sobrepasar un aumento del 60% para 10 mm.



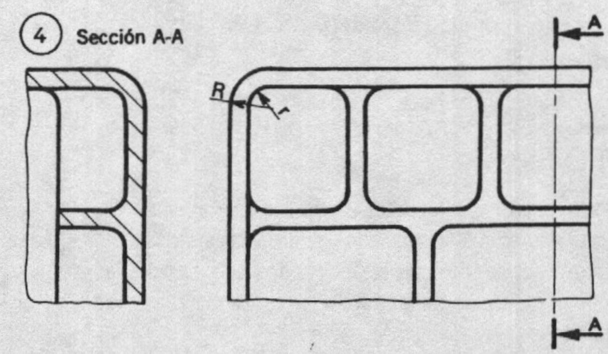
REGLA 3

Evitar las uniones en cruz o ahuecarlas a fin de eliminar masa.



REGLA 4

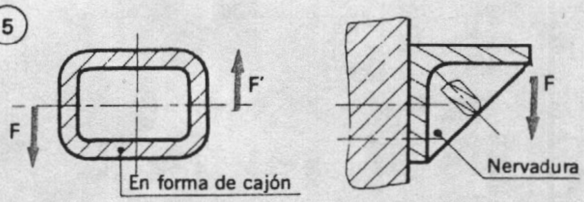
Evitar la deformación de grandes superficies planas reforzándolas mediante nervios.



REGLA 5

Las piezas en forma de cajón resisten bien los esfuerzos de torsión.
Las piezas con nervios resisten bien los esfuerzos de flexión.

5



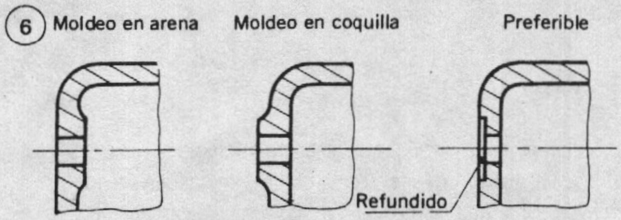
REGLA 6

Para facilitar la fabricación de los moldes y reducir el precio de coste de las piezas, los resaltes se sitúan:

- en el interior si se trata de piezas moldeadas en arena,
- en el exterior si se trata de piezas moldeadas en coquilla.

Siempre que sea posible, reemplazar los resaltes por mecanizados locales.

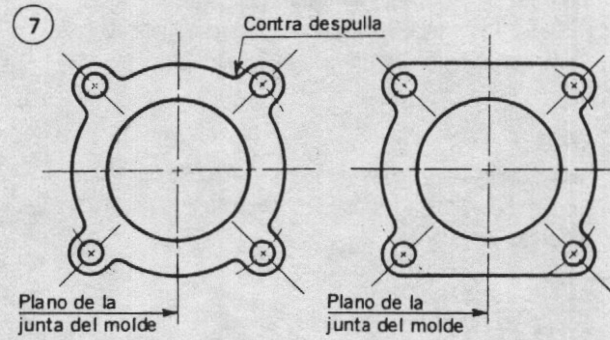
6



REGLA 7

En el diseño de una pieza, es necesario tener en cuenta el sentido de desmoldeo del modelo o de la pieza.

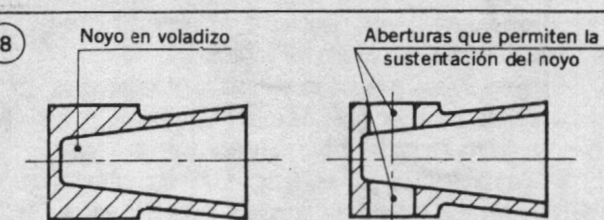
7



REGLA 8

Cuidad que las aberturas permitan una adecuada evacuación de los gases y aseguren una resistencia mecánica suficiente a los noyos (un noyo, en general, debe ser sostenido por sus extremos).

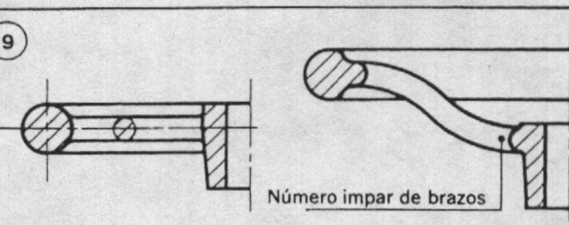
8



REGLA 9

Evitar trazados poco elásticos en el momento de la contracción al solidificarse.

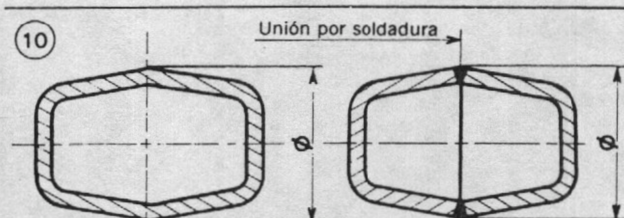
9



REGLA 10

Algunas piezas imposibles de moldear (o que presentan demasiadas dificultades) pueden conseguirse descomponiéndolas en partes simples que luego se unen atornillándolas o soldándolas (si el material es fácilmente soldable).

10



26■3 Posibilidades de la fundición

26■31 Principales materiales empleados

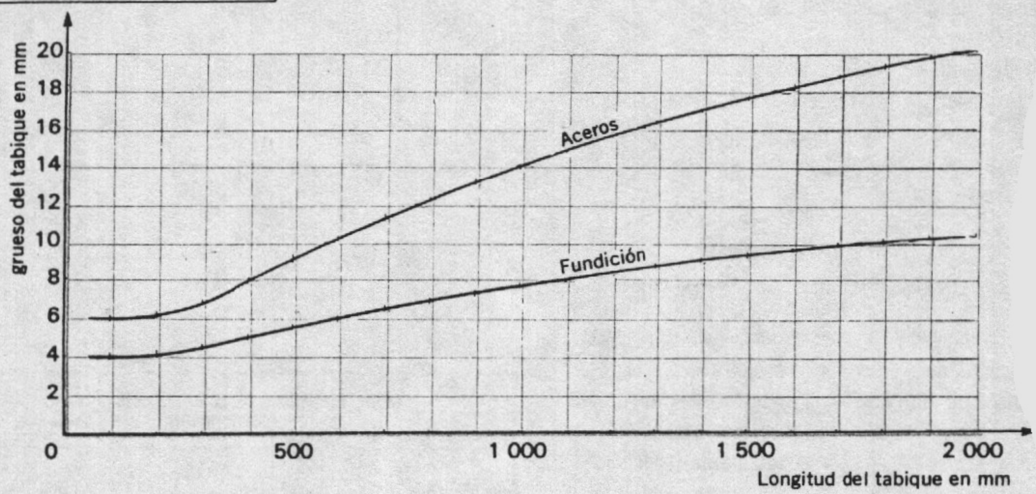
Los principales materiales empleados son: el hierro colado, los aceros, el aluminio, las aleaciones ligeras, las aleaciones de cobre, las aleaciones de cinc y las materias plásticas. Las características de estos materiales se hallan en los capítulos 56, 57 y 58.

26■32 Espesor mínimo de las piezas

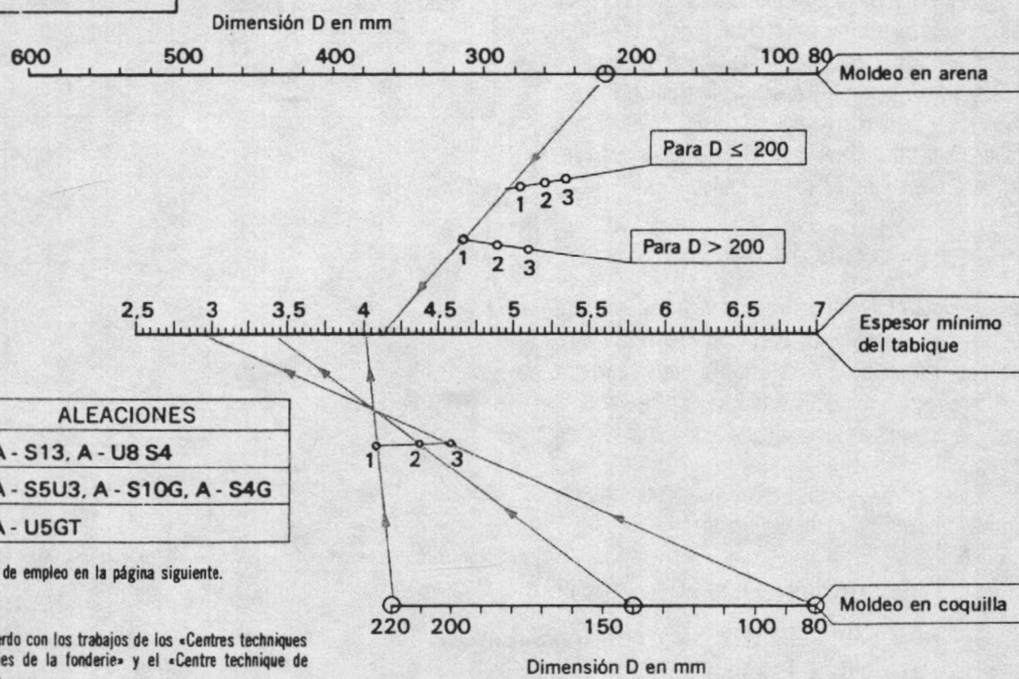
El espesor mínimo o «espesor crítico» es el espesor por debajo del cual no puede asegurarse que el metal llene completamente el molde de la pieza.

A título indicativo se da un gráfico y un ábaco* que permiten determinar el orden de magnitud de este espesor mínimo para la fundición de acero, la de hierro y la de aleaciones ligeras.

ACEROS Y HIERRO COLADO
Moldeo en arena



ALEACIONES LIGERAS
Ábaco de Roinet



ALEACIONES	
1	A - S13, A - U8 S4
2	A - S5U3, A - S10G, A - S4G
3	A - U5GT

'er ejemplo de empleo en la página siguiente.

' De acuerdo con los trabajos de los «Centres techniques es industries de la fonderie» y el «Centre technique de aluminium».

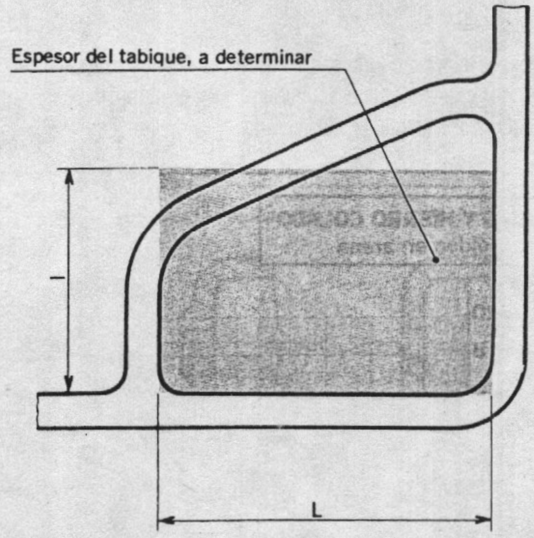
EMPLEO DEL ÁBACO

PARED DE FORMA RECTANGULAR
Sea **L** la longitud y **l** la anchura del tabique.
1° Calcular la dimensión **D**:

$$D = \frac{L + l}{2}.$$

2° Trazar una recta que una este valor tomado sobre la escala que corresponda al procedimiento, y el punto 1, 2 ó 3 elegido en función del material. Leer el espesor mínimo del tabique sobre la escala central.

PARED DE FORMA CUALQUIERA
Las dimensiones **L** y **l** corresponden a las dimensiones de un rectángulo teórico de la misma superficie que la del tabique. Se toma **L** igual a la mayor de las dimensiones del tabique (ver figura).



26■33 Diámetro mínimo de los noyos

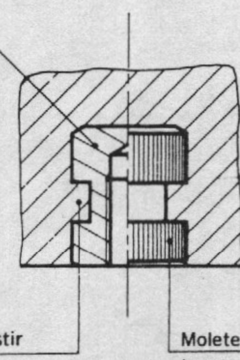
El diámetro mínimo de un noyo es función de su resistencia mecánica y de la deformación debida a su propio peso. **Varía pues en función de la longitud del noyo.** Por otra parte, a veces resulta más económico mecanizar una pieza maciza que hacer salir el agujero de fundición.

DIÁMETRO MÍNIMO DE LOS AGUJEROS SALIDOS DE FUNDICIÓN	
Moldeo en arena	15 mm aprox.
Moldeo en coquilla por gravedad	5 mm aprox.
Moldeo en coquilla a presión	1 mm aprox.

OBSERVACIÓN:
El moldeo a presión en coquilla permite también **obtener roscas directamente de fundición,** pero la construcción del molde resulta en general muy costosa (requiere un mecanismo que permita el desenroscado automático de los noyos antes de la abertura completa del molde). Estos moleteados son en general poco resistentes y son adecuados para elementos no desmontables.

26■34 Inserción de piezas

El moldeo en coquilla permite insertar elementos de otro tipo de material generalmente más duro y en el que haya que efectuar, por ejemplo, un taladro. La pieza se coloca en posición en el interior del molde vacío y después de la inyección se encuentra bloqueada por el material fundido (ver figura).
La adherencia de piezas insertadas puede aumentarse mediante un moleteado recto o cruzado.



26■35 Tolerancias – Estado superficial

Consultar las tablas § 15.4 y 16.39.

27 Construcción soldada

Una construcción soldada está formada por la unión permanente de varias piezas unidas entre sí por uno de los procedimientos siguientes:

■ **SOLDADURA AUTÓGENA**

Las piezas a soldar pierden sus contornos iniciales por fusión, por fragmentación o por difusión*.
En el caso de soldadura por fusión, la unión se obtiene generalmente a través de un material de aportación.

■ **SOLDADURA DE APORTACIÓN**

Las piezas a unir conservan sus contornos primitivos*
La unión se obtiene por medio de un material de aportación cuya temperatura de fusión T es inferior a la de las piezas a soldar. Se distingue:

- ■ La **soldadura amarilla** ($T > 450$ °C).
- ■ La **pseudo soldadura** ($T > 450$ °C técnica análoga a la de la soldadura autógena por fusión).
- ■ La **soldadura a estaño** ($T < 450$ °C).

La soldadura de aportación no da en general las mismas propiedades de resistencia mecánica y de resistencia a la corrosión que la soldadura autógena.

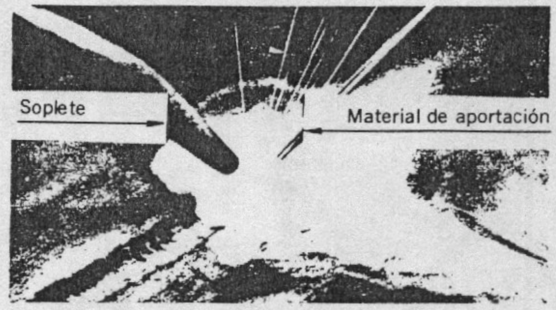
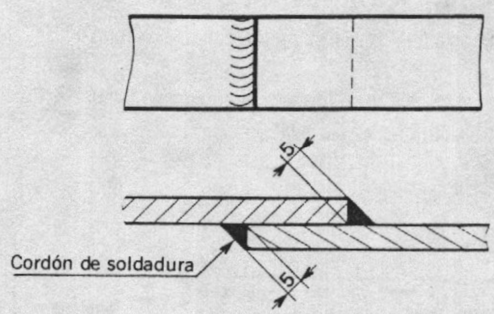


Foto S.A.F.

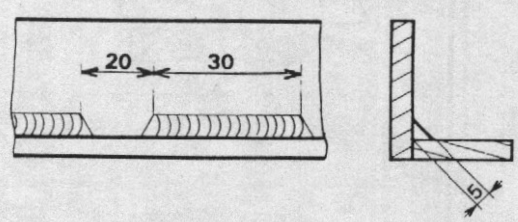
(1)



27■1 Representación de las soldaduras

Siempre que la escala del dibujo lo permita la soldadura debe ser representada y acotada (fig. 1).
En el caso de soldaduras discontinuas **se acota la longitud útil** de un elemento del cordón y el intervalo entre elementos. El corte de una soldadura en ángulo discontinua, nunca se sombrea ni raya (fig. 2).
Si la escala del dibujo no permite dibujar ni acotar las soldaduras se utiliza una representación simbólica.

(2)

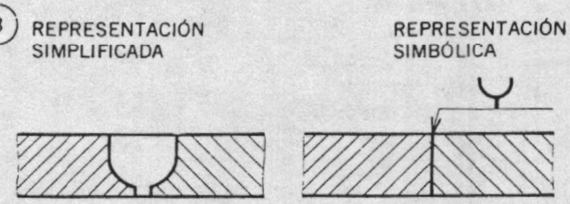


27■11 Representación simbólica

NF E 04-020

Los símbolos indican la forma de la soldadura efectuada, pero no presuponen el procedimiento utilizado. Por lo menos, deben medir 2,5 mm de altura.

(3)



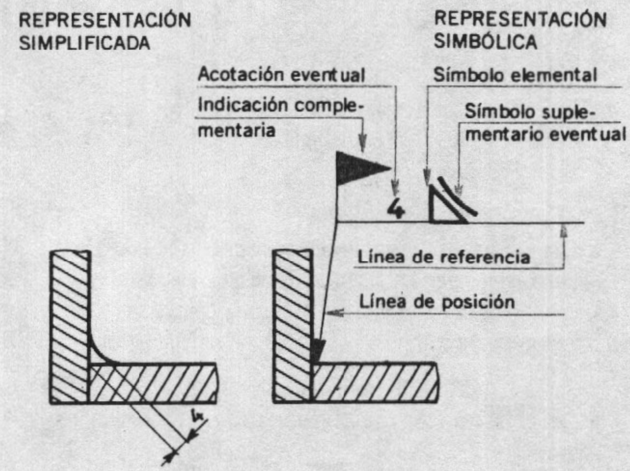
*Consultar obras especializadas.

Para cada unión soldada la representación simbólica implica necesariamente:

- una línea de referencia,
- una línea de posición,
- un símbolo básico.

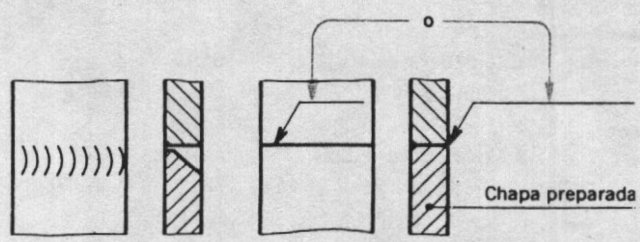
En caso de necesidad se puede añadir:

- un símbolo complementario,
- una acotación convencional,
- indicaciones complementarias.

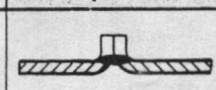
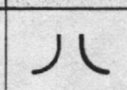
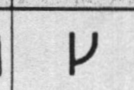
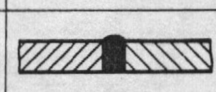
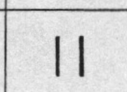
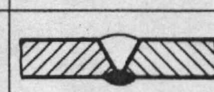
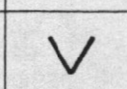
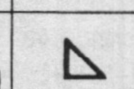
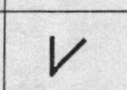
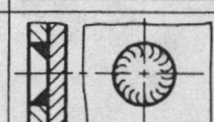
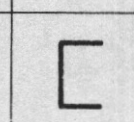
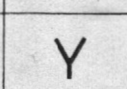
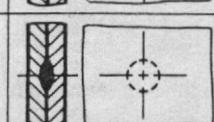
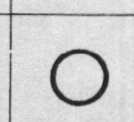
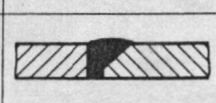
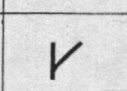
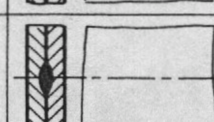
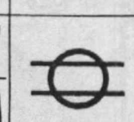
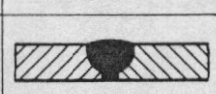


27■111 Línea de posición, línea de referencia

La línea de posición termina en una flecha que toca directamente a la unión soldada. **Si la soldadura corresponde a uno de los tipos 4, 6 u 8** (ver cuadro § 27.112) **la flecha debe estar dirigida hacia la chapa que está preparada.**
La línea de posición y la línea de referencia deben formar un ángulo.
La línea de referencia debe trazarse en lo posible paralelamente al borde inferior del dibujo.

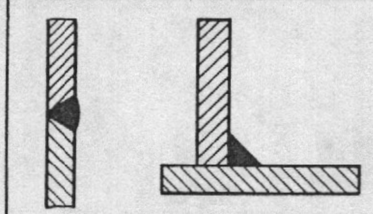
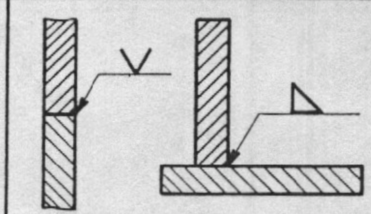
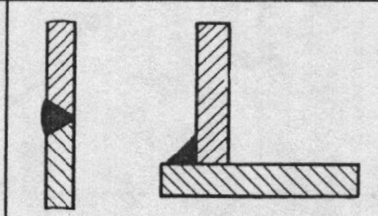
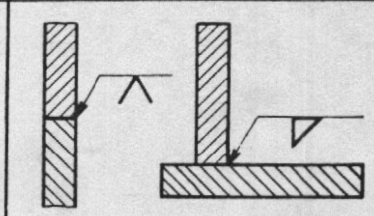
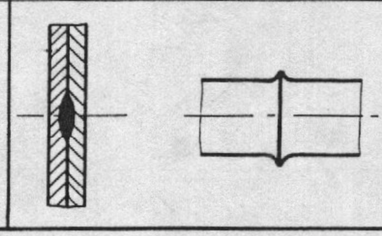
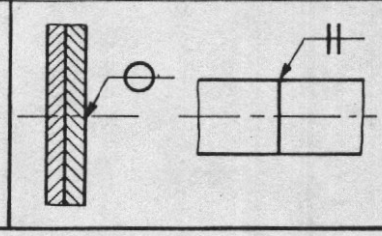


27■112 Símbolos básicos

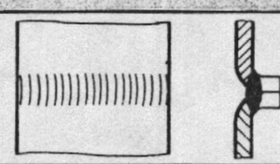
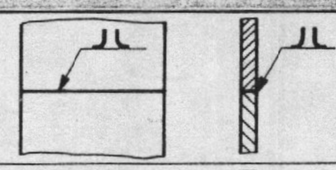
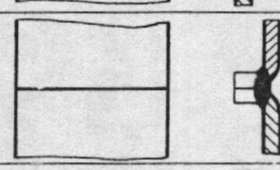
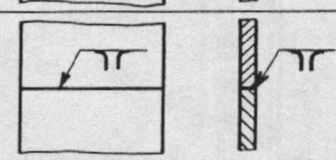
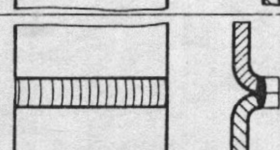
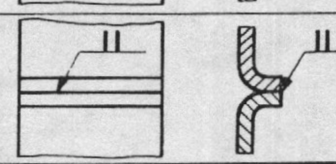
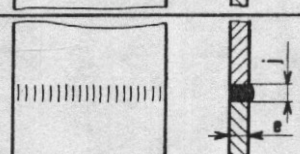
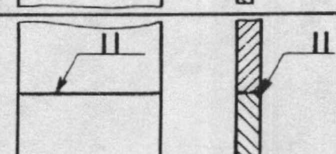
Nº	Designación	Representación simplificada	Símbolo	Nº	Denominación	Representación simplificada	Símbolo
1	De planchas con rebordes fundiendo completamente éstos*			8	A tope con chaflán en U en una sola chapa (o en J)		
2	A tope sin chaflán			9	A tope con cordón de penetración después del ranurado		
3	A tope con chaflán en V			10	En el ángulo interior		
4	A tope con chaflán en V en una sola chapa			11	De ranura		
5	A tope con chaflán en Y incompleto			12	Por puntos		
6	A tope con chaflán en Y incompleto en una sola chapa			13	En línea continua a solapa		
7	A tope con chaflán en U (o en tulipa)						

* Si no deben desaparecer por completo utilizar el símbolo de la soldadura a tope sin chaflán

SITUACIÓN DE LOS SÍMBOLOS CON RELACIÓN A LA LÍNEA DE REFERENCIA

Explicación	Representación simplificada	Representación simbólica
Los símbolos se colocan sobre la línea de referencia si la soldadura se hace por su lado.		
Los símbolos se colocan debajo de la línea de referencia si la soldadura se hace por el lado contrario.		
Los símbolos se colocan encima de la línea de referencia si la soldadura se hace en el plano de la junta.		

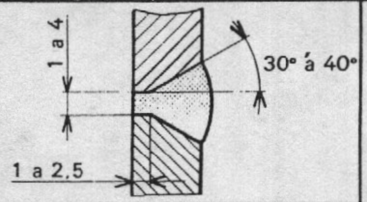
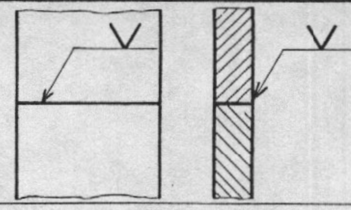
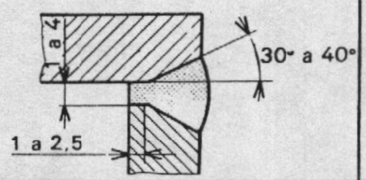
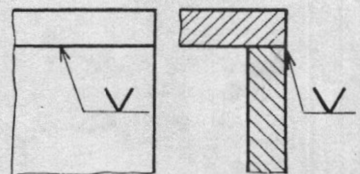
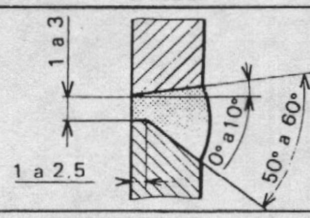
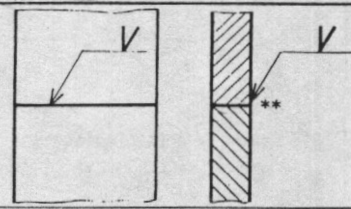
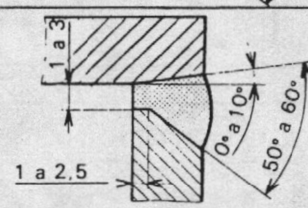
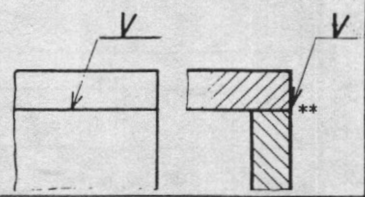
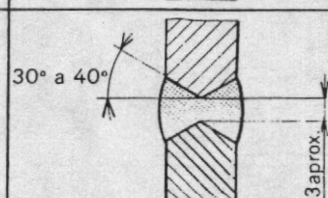
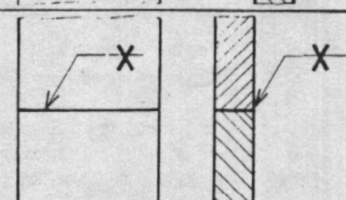
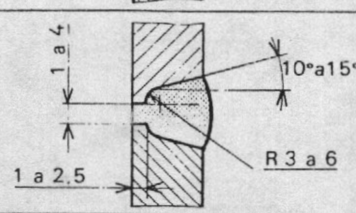
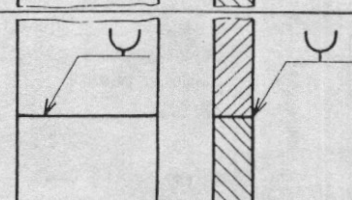
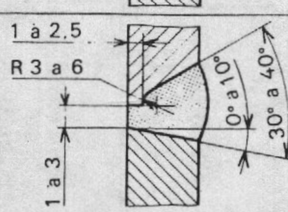
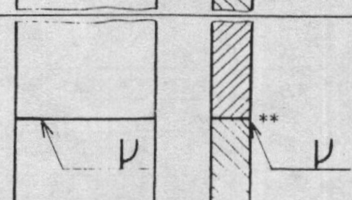
EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE SÍMBOLOS ELEMENTALES

Espesor de las piezas	Designación de las soldaduras	Representación simplificada	Representación simbólica
Espesor e inferior a 1,5 mm	De planchas con rebordes fundiendo completamente éstos (la soldadura se ha efectuado del lado de la junta donde se halla la línea de posición)		
	(la soldadura se ha efectuado al otro lado donde se halla la línea de posición)		
	De plancha con rebordes		
1,5 a 5	Soldadura a tope sin chaflán (ver tabla)		

Soldadura a tope sin chaflán

e*	j*	e*	j*
1,5	0,5	3,5	2,5
2	1	4	3
2,5	1,5	4,5	3
3	2	5	3

* Valores aproximados para las aplicaciones corrientes.

EJEMPLOS DE APLICACIONES DE SÍMBOLOS ELEMENTALES (continuación de la pág. anterior)			
Espesor de la pieza*	**Denominación de las soldaduras**	**Representación simplificada**	**Representación simbólica**
6 a 15	Cordón en V		
	Cordón en V sobre ángulo exterior		
15 a 20	Cordón en semi-V		
	Cordón en semi-V sobre ángulo exterior		
20 a 35	Cordón en X		
	Cordón en U		
	Cordón en J		

* Valores a título de primera estimación para aplicaciones corrientes. ** La flecha debe dirigirse hacia la chapa preparada.

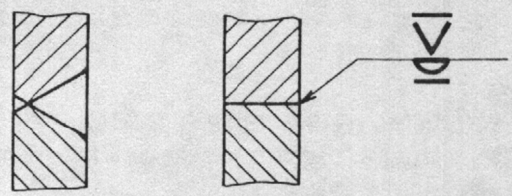
27■113 Símbolos suplementarios

Los símbolos elementales pueden ser completados, si ello es funcionalmente necesario, por un símbolo que precise la forma de la superficie exterior de la soldadura.

SÍMBOLO	—	⌒	‿
SIGNIFICAC.	Soldadura plana	Soldadura reforzada	Soldadura aligerada

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

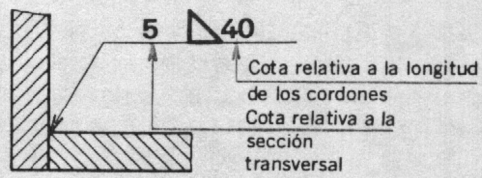
Soldadura en V lisa con cordón de penetración después del ranurado.



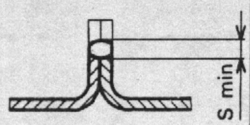
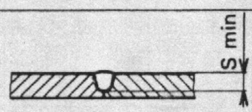
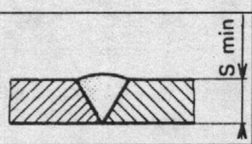
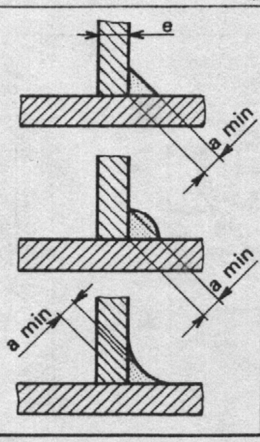
27■114 Acotación convencional

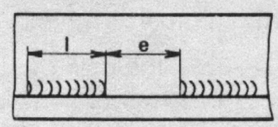
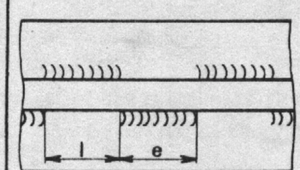
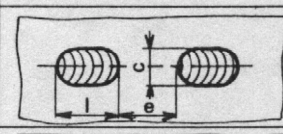
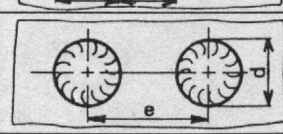
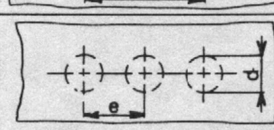
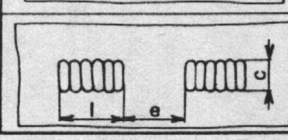
Se puede indicar:

- a la izquierda del símbolo elemental, la cota principal relativa a la sección transversal,
- a la derecha del símbolo elemental si la soldadura no es continua, la cota relativa a la longitud de los cordones.



DIMENSIONES A INDICAR

Denominación	Representación simplificada	Inscripción
De planchas con rebordes		s ||
A tope sin chaflán		s ||
Soldaduras en V		s V
Soldadura en ángulo continuo		a ◺ Para las aplicaciones corrientes a ≈ e

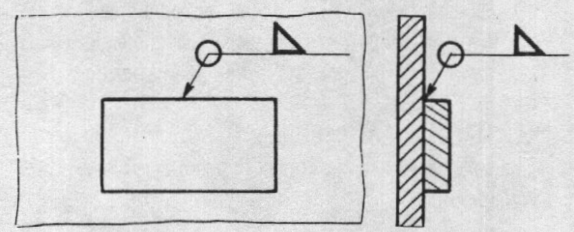
Denominación	Representación simplificada	Inscripción
Soldadura en ángulo discontinua		a◺n* x l x (e)
Soldadura en ángulo discontinua alternada		a▷n*x l (e) a▷n*x l (e)
Soldadura en ranuras ovaladas		c⊓n* x l x(e)
Soldadura en ranuras circulares		d⊓ n* x (e)
Soldadura por puntos		d○ n* x (e)
Soldadura en línea		e⊖n* x l x(e)

* n: número de elementos de soldadura.

27■115 Indicaciones complementarias

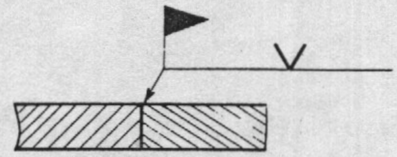
SOLDADURA PERIFÉRICA

Para indicar que una soldadura debe efectuarse a lo largo de todo el contorno de la pieza se dibuja una circunferencia que tenga por centro la intersección de las líneas de posición y de referencia.



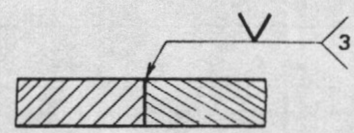
SOLDADURAS EFECTUADAS EN EL MONTAJE

Se las distingue de las efectuadas en el taller mediante un signo en forma de bandera.



INDICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Para determinadas aplicaciones, es necesario puntualizar el procedimiento a utilizar, éste viene identificado por un número inscrito entre las dos ramas de una horca que termina en la línea de referencia.
Hasta la fecha la correspondencia entre dichas cifras y los procedimientos no está normalizada. En consecuencia, es necesario, mientras tanto, especificar dichas correspondencias en los dibujos.



Procedimiento de soldadura 3 = soldadura eléctrica por arco.

27■116 Tratamientos térmicos

Para mejorar las cualidades físicas de granulación y reducir las tensiones internas provocadas por la soldadura, se puede efectuar:

- o un recocido de normalización,
- o un recocido de estabilización.

En principio estos tratamientos son obligados para elementos soldados de utillajes de mecanización.

RECOCIDO DE NORMALIZACIÓN
Mejora las propiedades físicas de la granulación y elimina las tensiones internas debidas a la soldadura.
RECOCIDO DE ESTABILIZACIÓN
No modifica la estructura. Solamente elimina las tensiones internas debidas a la soldadura.

27■2 Recomendaciones

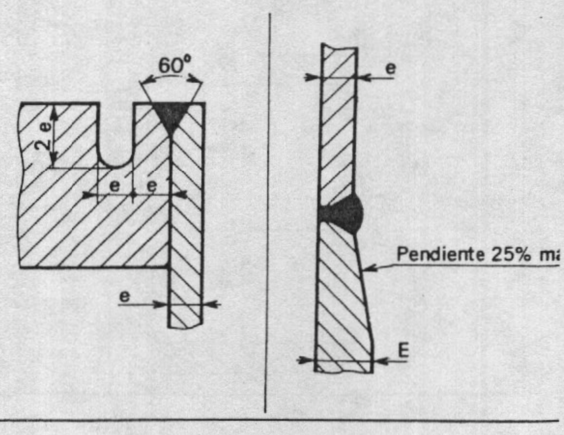
27■21 Diseño de piezas soldadas

Las piezas soldadas se obtienen a partir de chapas laminadas, de perfiles, de piezas fundidas (Construcción mixta), etc.

27■211 Soldadura por fusión

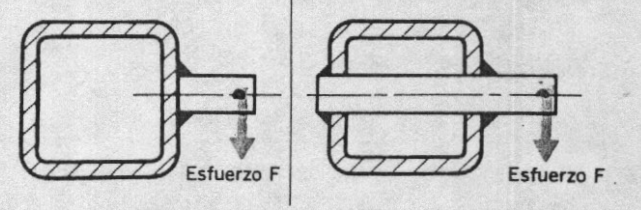
REGLA 1

Soldar espesores tan similares como sea posible. Si los espesores son claramente diferentes, preparar las piezas como se indica en las figuras contiguas.

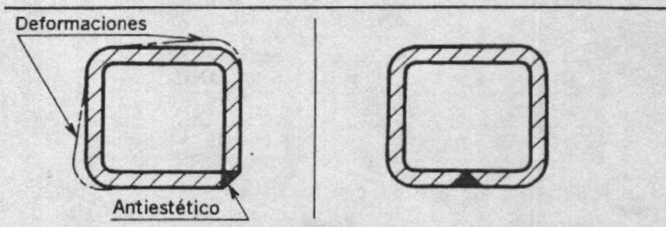


DISEÑO DEFECTUOSO | DISEÑO CORRECTO

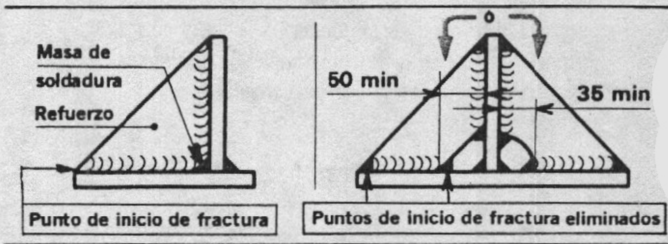
REGLA 2
Situar la soldadura en las zonas menos solicitadas. Evitar especialmente partes sometidas a flexión y torsión.



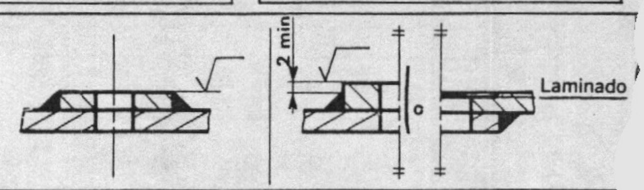
REGLA 3
Tener en cuenta las deformaciones originadas por dilataciones parciales consecuencia de la soldadura. Evitar en particular las soldaduras en la esquina de piezas prismáticas.



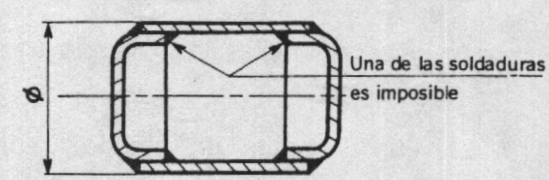
REGLA 4
Evitar las masas de soldadura y diseñar adecuadamente los refuerzos. Para una construcción sometida a grandes esfuerzos se suprimen los inicios de fractura efectuando un cordón de soldadura.



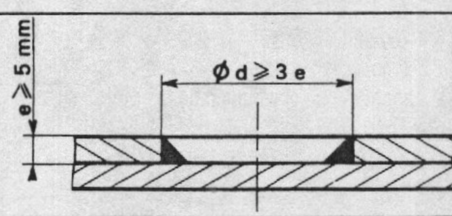
REGLA 5
Con objeto de aumentar la duración de las herramientas evitar la mecanización de una soldadura.



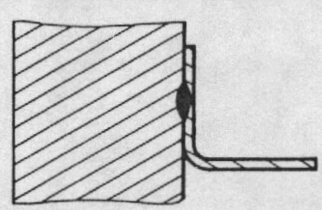
REGLA 6
Tener en **cuenta la accesibilidad** del soldador, del soplete y de los electrodos.
Comprobarlo concretamente en los casos de soldaduras en X o con costura en el reverso.



CASO PARTICULAR:
Soldadura de «ranura»
Este método permite efectuar soldaduras localizadas en plena chapa. En algunos casos, el agujero es oblongo (ancho mínimo 15 mm).



27■212 Soldadura eléctrica por resistencia

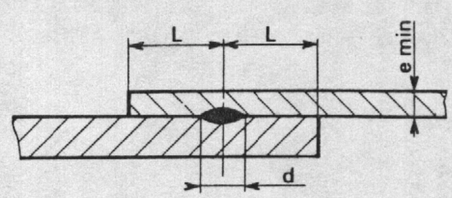


La soldadura eléctrica por resistencia no implica, en principio, ninguna limitación en cuanto a la diferencia de espesor entre las piezas a unir.

Soldadura por puntos

Para evitar una pérdida del material en fusión la distancia mínima **L** entre el punto de soldadura y el borde de las chapas es sensiblemente igual a:

$$L \geqslant 3\,e_{min} + 2.$$



Distancia mínima E_m entre los centros de dos puntos de soldadura:

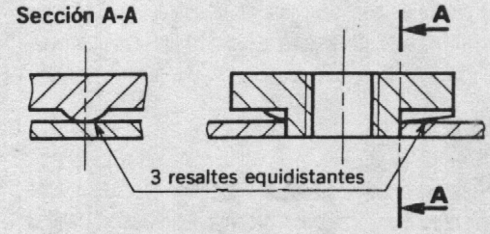
$$E_m \geqslant 10\,e_{min} + 10.$$

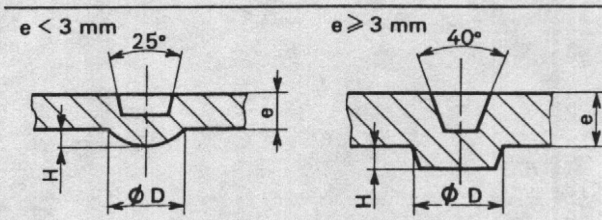
DIÁMETRO DEL PUNTO DE SOLDADURA*									
e mín.	0,5	1	2	3	4	5	6	8	10
d aprox.	4,5	5,5	7,5	9,5	12	14	15	17,5	19,5

Soldadura por puntos, con resaltes

Permite la ejecución simultánea de diversos puntos de soldadura. Los resaltes se sitúan en la pieza de mayor espesor. A causa de la potencia requerida el sistema se utiliza sobre todo para piezas pequeñas (tuercas reducidas, por ejemplo).

Sección A-A





d = diámetro del punto de soldadura

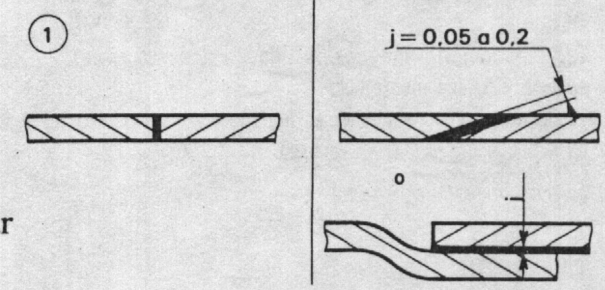
DIMENSIÓN DE LOS RESALTES PARA DOS PIEZAS DEL MISMO ESPESOR e*						
e	0,5	[illegible]	2	3	4	5
H	0,55	0,75	1,20	1,5	1,65	1,8
D	2,9	3,7	4,6	6,6	7,2	7,8
d	4,1	5,2	6,5	9,3	10,1	11

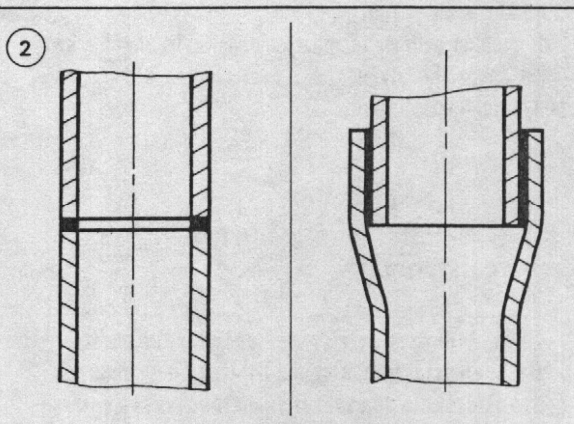
27■213 Soldadura de aportación

Se procura que la junta soldada tenga la mayor superficie posible (fig. 1 y 2).

El juego j entre las superficies está comprendido entre 0,05 y 0,2 mm.

DISEÑO DEFECTUOSO	DISEÑO CORRECTO





27■22 Principales metales para soldar

Aceros

Los aceros con bajo porcentaje de carbono ($C < 0,25\%$) se sueldan sin precauciones especiales. Las dificultades de soldadura aumentan con el volumen de las piezas o con el contenido en carbono.

Aluminio y aleaciones ligeras

Se evita soldar aleaciones sometidas a tratamiento térmico (fragilidad del metal en las proximidades de la soldadura).

Principalmente se sueldan los siguientes metales:

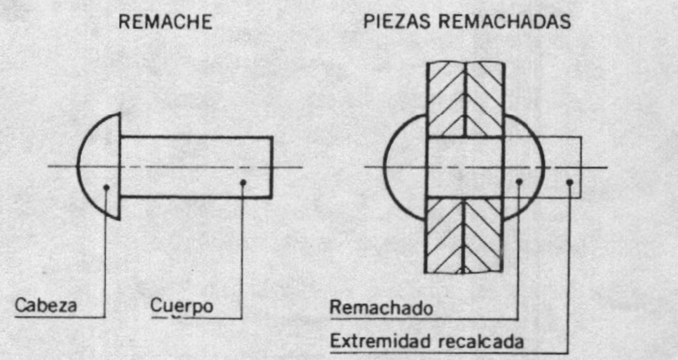
A 5, AG 3, AG 5, AZ 4 G.

Cobre y aleaciones de cobre

* Mantenerse alrededor de estos valores.
Según «Le Soudage eléctrique par résistance» de Jean Nègre.
Publicaciones de La Soudure autogène.

28 Construcción remachada

La construcción remachada consiste en reunir un conjunto de piezas mediante remaches.
Un remache está formado por una barra maciza o hueca una de cuyas extremidades termina con una cabeza de forma variable. Una vez colocado en su lugar, el otro extremo se recalca y forma la remachadura. La unión así obtenida no es desmontable.



28.1 Principales tipos de remaches

28.11 Remaches de cabeza redonda

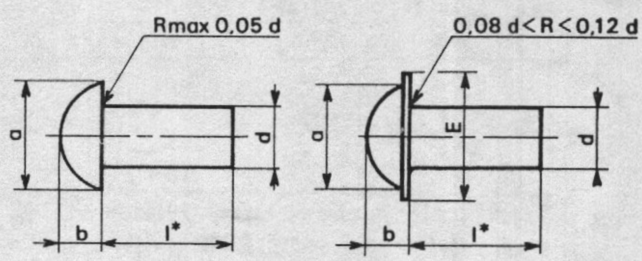
PRINCIPALES DIMENSIONES												
d	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
a	3,5	5,5	7	9	11	14	17	21	24	28	31	34
b	1,5	2,5	3	4	4,5	5,5	7	8	10	11	12	14
E								28	30	34	38	42

Los remaches R pueden fabricarse con un bombeado mayor (0,08 d < R < 0,12 d), y su símbolo es Ra.

Remaches de cabeza redonda | **Remaches de cabeza redonda con rebaba y redondeamiento**

NF E 27-153

Símbolo: R | Símbolo: Rb



APLICACIONES:
Remache R: Uso general.
Remache Rb: Utilizado cuando se requiere estanqueidad.

Ejemplo de designación de un remache de cabeza redonda de dimensiones **d** = 8 y **l** = 25: **Remache R 8.25,** NF E 27-153

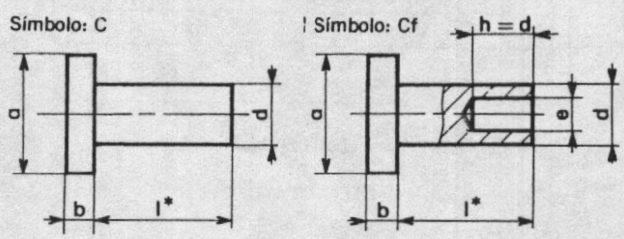
28.12 Remaches de cabeza cilíndrica plana

PRINCIPALES DIMENSIONES								
d	2	2,5	3	4	5	6	8	10
a	4	5	6	8	10	12	16	20
b	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
e			1,8	2,4	3	3,6	4,8	6

Remaches de cabeza cilíndrica plana | **Remaches de cabeza cilíndrica plana y cuerpo perforado**

NF E 27-151

Símbolo: C | Símbolo: Cf



APLICACIONES:
Remache C: Remache normal en calderería fina.
Remache Cf: El extremo taladrado facilita el remachado.

* Ver § 28.2.

Ejemplo de designación dimensional de un remache de cabeza cilíndrica de cotas **d** = 8 y **l** = 25: **Remache C 8.25,** NF E 27-151

28■13 Remaches de cabeza avellanada

Existen los de cabeza avellanada plana y los de cabeza avellanada bombeada.

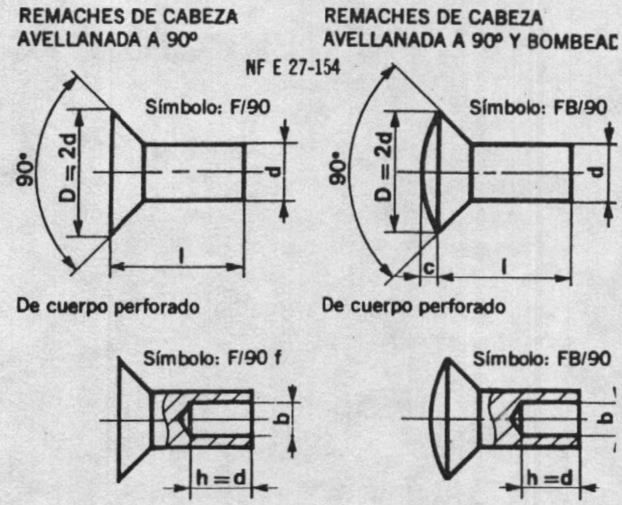
Normalmente el ángulo del cono es de 90º pero para aplicaciones especiales se puede tomar:

- 60º si se desea que las cabezas sobresalgan poco,
- 120º si las chapas a unir son delgadas.

APLICACIONES:

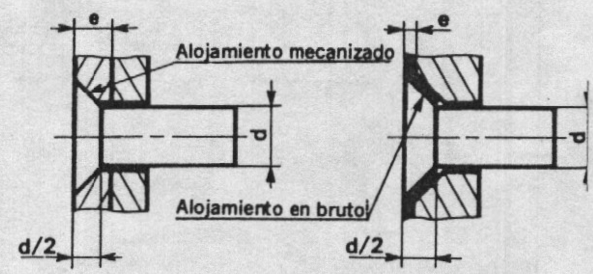
Los remaches de cabeza avellanada permiten alojar las cabezas en el interior de las piezas.

Pieza gruesa **e** > **d/2**: alojamiento mecanizado.
Pieza delgada **e** < **d/2**: alojamiento embutido.



> **Ejemplo de designación dimensional** de un remache de cabeza avellanada de cotas **d** = 8 y **l** = 25: **Remache F/90 8.25,** NF E 27-154

DIMENSIONES PRINCIPALES											
d	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
b		1,8	2,4	3	3,6	4,8	6					
e		0,75	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5



28■2 Longitud de los remaches

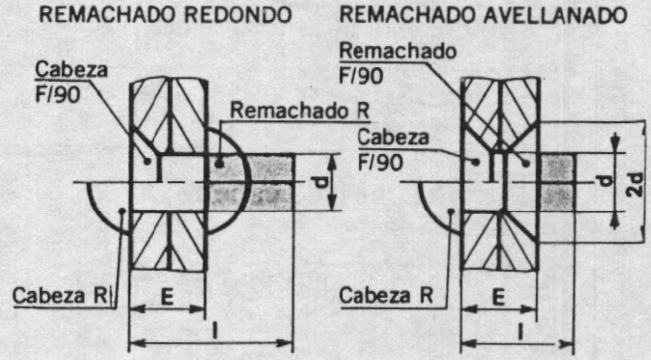
> **La longitud l es función del espesor de las piezas a unir y del tipo de la remachadura (ver figuras)**

Con frecuencia elegir l entre las del cuadro que sigue.

LONGITUD DEL CUERPO								
3	7 ◢	11 ◢	(18)	(28)	38	55	75	100
4	8	12	20	30	40	60	80	110
5	9 ◢	14	(22)	32	45	65	85	120
6	10	16	25	35	50	70	90	130

Evitar utilizar las medidas entre paréntesis.
◢ para remaches F/90 solamente.

REMACHADO REDONDO — REMACHADO AVELLANADO



$l = 1{,}1E + 1{,}5\,d$ $\qquad$ $l = 1{,}1E + 0{,}6\,d$

28■3 Recomendaciones

28■31 Diámetro mínimo de un remache

Las condiciones de fabricación del agujero de paso de un remache (punzonado o punzonado-mandrilado) requieren un diámetro mínimo d mín que esté acorde con la relación (1). Para remachaduras estancas o de resitencia se utiliza la relación (2).

(1) $d \geqslant 1{,}6\,e$ $\qquad$ (2) $d \approx \dfrac{45\,e}{15 + e}$

e = espesor de la chapa más gruesa

28.32 Diámetro del agujero de paso

El diámetro $\mathbf{d_1}$ del agujero de paso para un remache viene indicado en las expresiones contiguas:

(3) Utilizable para el remachado en caliente o en caso de que el grueso a unir sea grande.

(4) Utilizable para el remachado en frío.

28.33 Distancia entre remaches

La distancia mínima **a** entre dos remaches ha de permitir colocar la buterola y la contrabuterola.

Normalmente se toma: $a \geqslant 2{,}5\ d$

La distancia **P** entre dos remaches consecutivos de una misma línea se llama **«paso»**.

Unión resistente: $3\ d < P < 7\ d$

Unión estanca y resistente:

$2{,}5\ d < P < 3{,}5\ d$

La distancia **p** entre los remaches y el borde de la chapa es:

$$p = \frac{P}{2}$$

28.34 Material de los remaches

Con preferencia se utiliza para los remaches un metal igual o similar al de las piezas a unir. Por ejemplo, remaches de aluminio (A5) para piezas en duraluminium (A U4G). De esta forma, se evitan pares galvánicos* y una posterior corrosión.

Materiales corrientes

Acero dulce, cobre, latón, aluminio. Para obras artísticas se utiliza el A 37 R y el A 42 R.

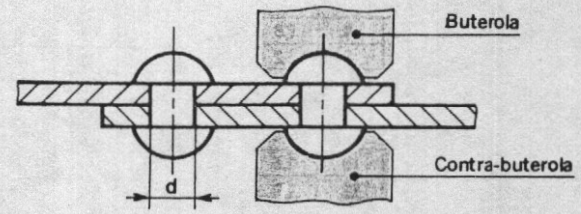
28.4 Remaches especiales

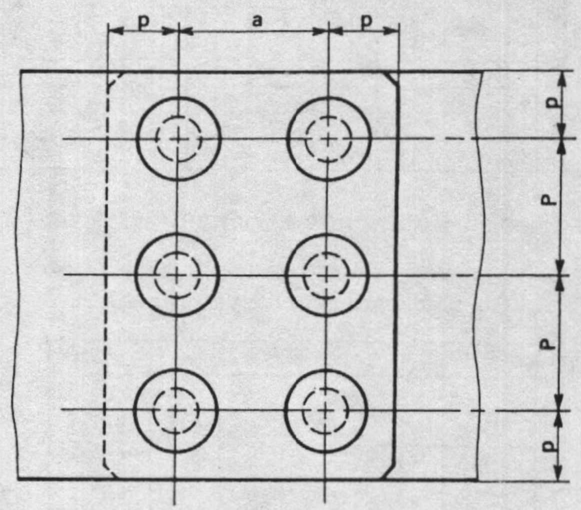
28.41 Remaches huecos

Estos remaches son ligeros y fáciles de colocar. Son muy utilizados en construcciones aeronáuticas y electromecánicas (unión de paneles «sandwich», fijación de pequeños dispositivos mecánicos o eléctricos).

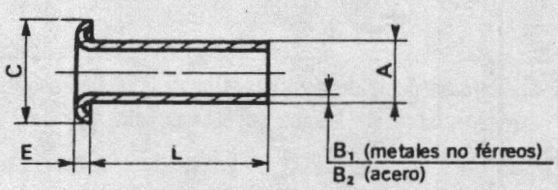
Nota: A título de excepción el cuadro de dimensiones se encuentra en la página siguiente.

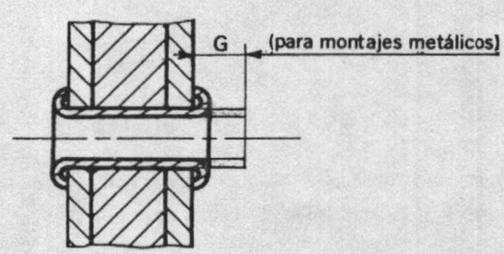
(3) $d_1 \approx 1{,}1d$ (4) $d_1 \approx 1{,}05\ d$





REMACHES HUECOS NF E 27-532





Ejemplo de designación dimensional de un remache hueco de latón, de cotas A = 4,B = 0,4 y L = 8:	**Remache hueco latón 4.0,4.8,** NF E 27-532

*Ver léxico.

Diámet. del cuerpo A	Espesor no férreos B₁	Espesor acero B₂	Diámetro de la cabeza C	Espesor de la cabeza E	Longitud para remachar G	LONGITUD BAJO LA CABEZA L											
2	0,3	0,3	3,5	0,5	1	3	4	5	9	8	10	12	14				
2,5	0,3	0 3	4	0,5	1,4	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
3	0,3	0,3	4,5	0,5	1,4	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
4	0,4	0,4	6	0,8	2,2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
4	0,8	0,8	6,5	1,2	2,2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
5	0,5	0,5	7,5	0,8	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
5	0,8	0,8	8	1,2	3		5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25
6	0,5	0,5	8	0,8	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	
6	1	1	10	1,5	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	
8	1	1	12	1,5	4,5	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	
8	1,6	1,5	13	2	5	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	
10	1,6	1,5	15	2	5	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	
12	1,6	1,5	18	2,3	5,5	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	
12	2	2	18	2,7	6,5	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	
14	1.6	1.5	20	2.3	6.5	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45
14	2	2	21	2,7	8	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45
16	1,6	1,5	22	2,3	6,5	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50

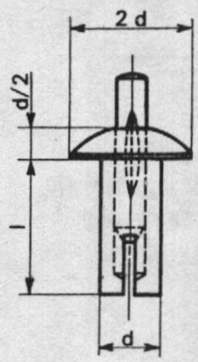
28■42 Remaches expansibles

Existen numerosos tipos. Solamente citaremos el remache L.G.C. cuyo empleo es particularmente simple.

d	3	4	5	d	4	5
l	Grueso a unir			l	Grueso a unir	
6	3-4			12	9-10	8,5- 9,5
7	4-5	4-5		13		9,5-10,5
8	5-6	5-6	4,5-5,5	14		10,5-11,5
9		6-7	5,5-6,5	15		11,5-12,5
10		7-8	6,5-7,5	16		12,5-13,5
11		8-9	7,5-8,5			

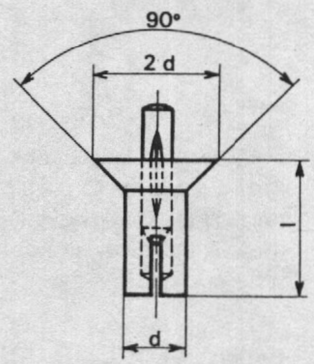
CABEZA «GOTA DE SEBO»

Símbolo:REG



CABEZA AVELLANADA

Símbolo: REF



Ejemplo de designación dimensional de un remache expansible de cabeza de «gota de sebo», de cotas **d** = 5 y **l** = 10:

Remache REG, 5.10, L.G.C.

Material

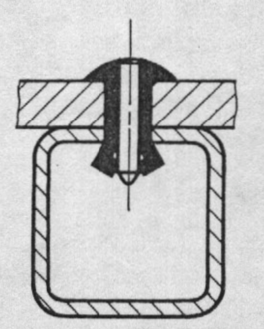
Se fabrica corrientemente en acero (A 52) o en aleación ligera (A-G5).

APLICACIONES:

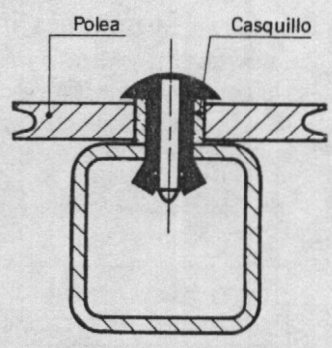
Los remaches expansibles permiten unir piezas a las que sólo puede accederse por un lado (fig. 1).

Con la ayuda de un casquillo puede obtenerse una articulación económica y suficientemente precisa para muchos pequeños mecanismos. La unión que así se consigue no es desmontable (fig. 2).

(1)

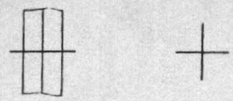
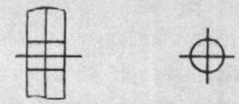
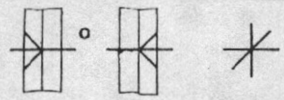
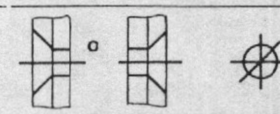
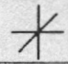
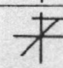
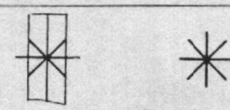
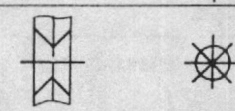


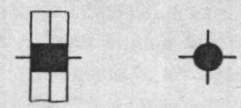
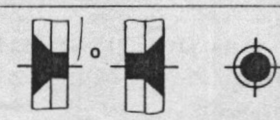
(2)



28■5 Representación simbólica de remaches NF E 04-014

La representación simbólica de remaches se utiliza sobre todo en dibujos a escala pequeña. Es el caso de los dibujos de estructuras metálicas.

TIPO DE REMACHE	REMACHE COLOCADO EN EL TALLER	REMACHE COLOCADO EN OBRA
Remache con cabeza y remachado redondos. Remache con cabeza cilíndrica y remachado redondo.		
Remache con cabeza o remachado avellanado. **Caso particular:** dibujos sin cortar.		
Avellanado visto.		
Avellanado oculto.		
Remache de cabeza y remachado avellanados.		

CASO PARTICULAR	TIPO DE PERNO	PERNO COLOCADO EN LA OBRA
En construcción metálica los elementos preparados en el taller se montan con frecuencia en la obra con la ayuda de pernos. Estos montajes se hacen constar mediante los símbolos contiguos.	Perno con cabeza y tuerca hexagonal.	
	Perno de cabeza avellanada con fiador y tuerca hexagonal. **Caso particular:** dibujo sin cortar.	
	Avellanado visto.	
	Avellanado oculto.	

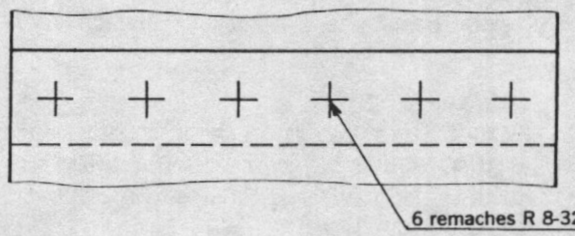
OBSERVACIONES:

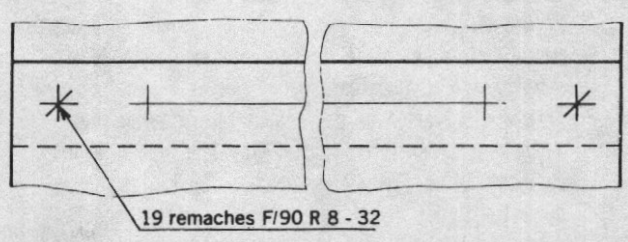
■ La representación simbólica de remaches (o pernos) debe completarse con el tipo de remache utilizado y la indicación del diámetro **d** y de la longitud **l**.

■ En el caso de muchos remaches sobre una misma línea, representar los dos remaches extremos, indicar la posición del segundo y del penúltimo y unirlos con línea llena fina.

■ Si el tipo de remache utilizado no permite el empleo de esta simbolización, elegir un signo tan simple como sea posible y definirlo claramente de manera que no haya ninguna confusión posible.

Ejemplo: ⊖ Remache REG, 5-10, L.G.C.





29 Construcción encolada

La construcción encolada es una forma de montaje utilizando las cualidades adhesivas de algunos materiales sintéticos (Redux - Araldite - Scotchweld - Loctite, etc.).

Materiales que pueden encolarse:

Se encolan principalmente las aleaciones de aluminio, los aceros, los vidrios, los materiales plásticos y las maderas. Algunso materiales no se pegan o se pegan mal (el teflon, por ejemplo).

Diseño de montajes encolados

NORMAS:

A. - La extensión de la superficie encolada es función de los esfuerzos a que se halla sometida la unión de la adherencia de la cola.

B. - La máxima resistencia de la unión se obtiene cuanto toda la superficie encolada se halla sometida a un mismo tipo de esfuerzo (con preferencia de compresión o de cizallamiento).

C. - Evitar las cargas localizadas y los esfuerzos de tracción que tiendan a separar las piezas por pelado (fig. 1).

D. - Si la unión está sometida a variaciones de temperatura importantes, los materiales empalmados y el adhesivo deben tener coeficientes de dilatación muy próximos. De esta forma, se evita la rotura por diferencia de dilatación.

EJEMPLOS:

Figura 2: Si se trata de unir dos chapas por solapamiento es preferible biselar sus extremidades. De esta forma se reduce el efecto de pelado en el caso de una ligera torcedura de las chapas.

Figura 3: Una unión ensamblada o a medio espesor permite situar el plano de encolado en el eje de los esfuerzos de cizallamiento.

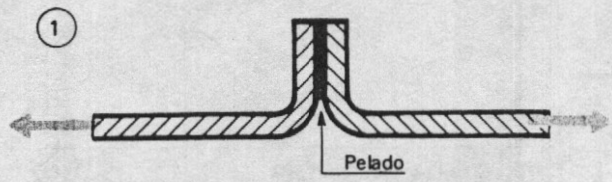
Figura 4: La unión de dos chapas formando un ángulo puede efectuarse reforzando el empalme mediante dos ángulos (fig. 4a). También es posible preparar las chapas según la figura 4b si se trata de soportar pequeños esfuerzos.

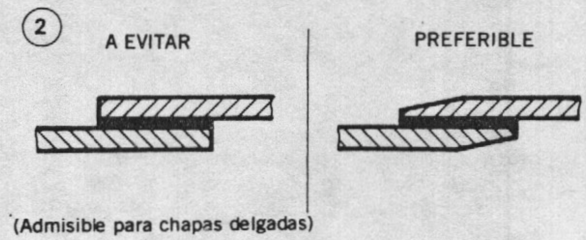
Ventajas:

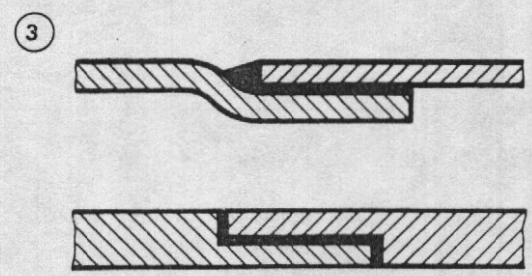
- Conservación de las características de los materiales.
- Posible unión de materiales muy diferentes.
- Procedimiento rápido para un gran número de encolados.
- Buen aspecto de las piezas.

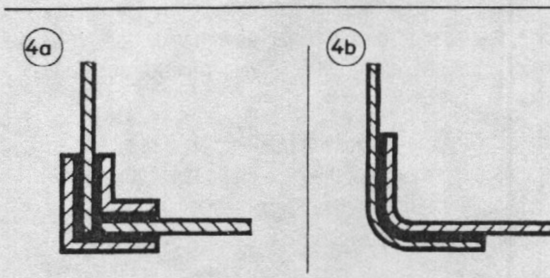
Inconvenientes:

- Elevado precio de los encolados.
- Necesidad de material especial (horno, prensas, etc.).









Figuras 5:
La fijación lateral de los rodamientos por encolado resulta económica.

Para alojamientos no mecanizados se puede utilizar el producto F7 (fig. 5a).

Para alojamientos mecanizados se obtiene una retención excelente empleando el fijador LOCTITE (Fig. 5b). El aumento de tolerancia es de 0,05 mm aproximadamente sobre las tolerancias normales de montaje. Esta solución puede aplicarse a cualquier otro tipo de pieza.

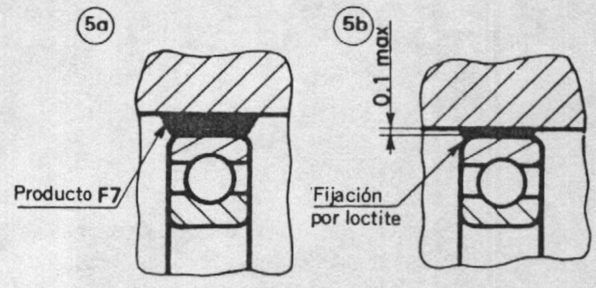


Figura 6:
El encolado de un ángulo no presenta una resitencia adecuada más que bajo la acción de la fuerza F_1. Bajo la acción de las fuerzas F_2 ó F_3, la unión se halla sujeta a una carga localizada en A.

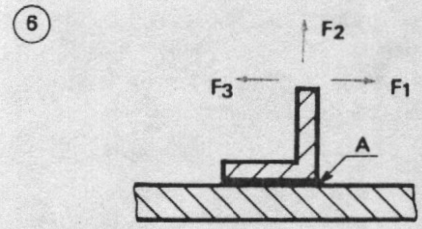


Figura 7:
La superficie pegada de un perfil en T ofrece buena resistencia bajo la acción de las fuerzas F_1, F_2 ó F_3.

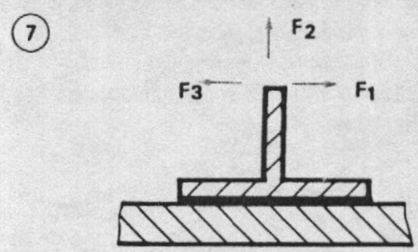
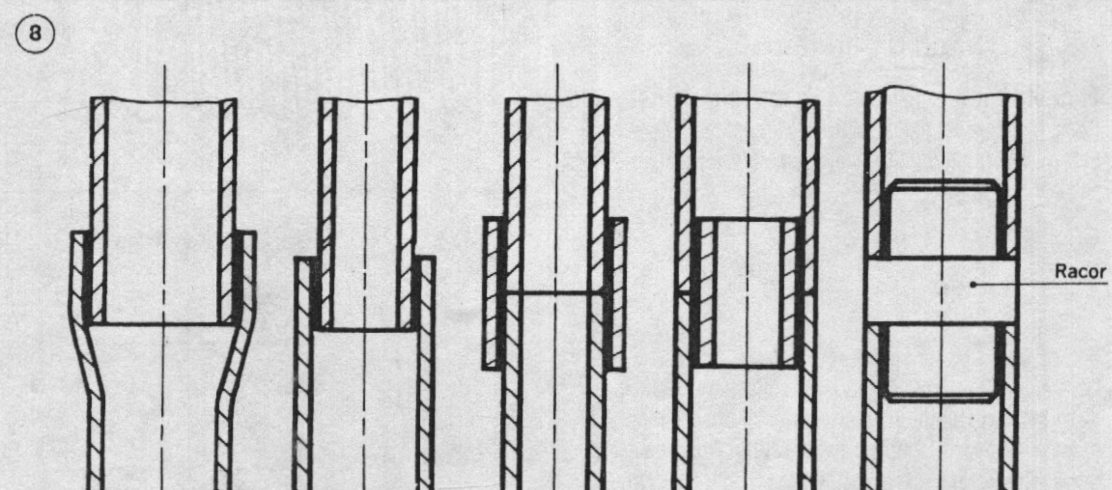


Figura 8:
Ejemplos de empalme de tuberías o de construcción tubular.



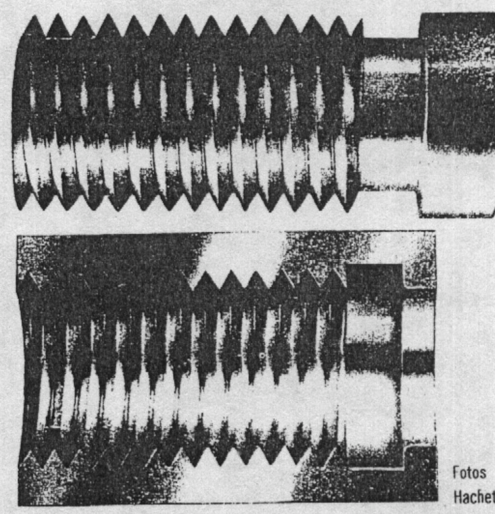
Según trabajos del «Centre Technique de l'aluminium».

30 Roscas

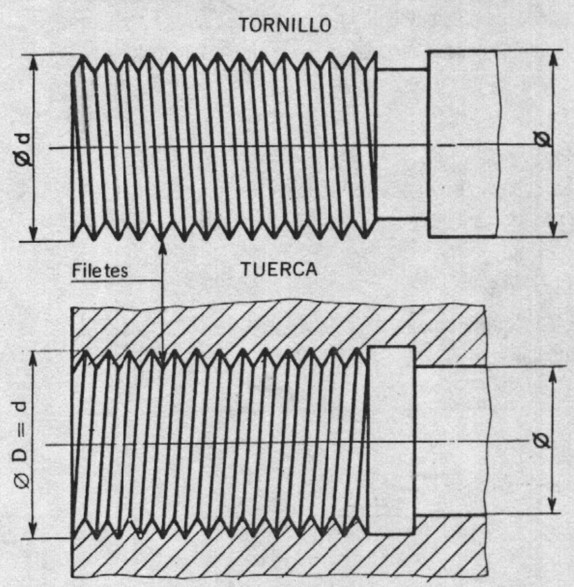
30■1 Generalidades

30■11 Definiciones

Una rosca se obtiene a partir de un cilindro (a veces de un cono) sobre el cual se han efectuado una o varias ranuras helicoidales (§ 62-4). La parte maciza restante se llama **rosca.**
Se dice que una barra está «**roscada**» y que un agujero está «**terrajadu**».
Una barra roscada se denomina también **tornillo** y un agujero terrajado **tuerca.**



Fotos Hachette



30■12 Aplicaciones

El sistema tornillo-tuerca permite:

- ■ unir de forma desmontable dos piezas (montaje de las ruedas a un vehículo por ejemplo).
- ■ transmitir un movimiento (husillo).

Los roscados se emplean continuamente en construcción mecánica.

30■2 Características

Las dimensiones características de un roscado dependen de su utilización.

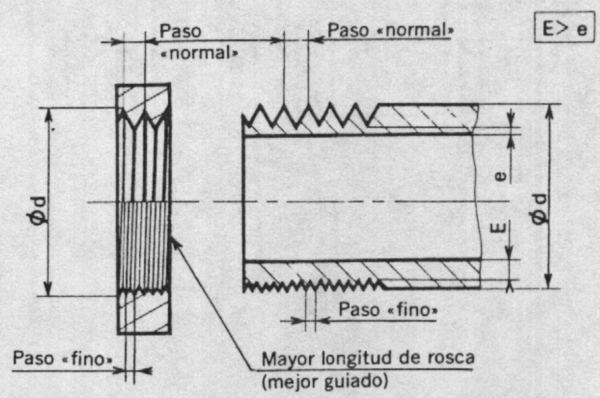
30■21 Diámetro nominal

Para el tornillo: diámetro **d** en el vértice del filete.
Para la tuerca: diámetro **D** en el fondo del filete.
El tornillo y la tuerca tienen el mismo diámetro nominal:

d = D

30■22 Paso

Ver de nuevo la definición en § 62-4.
Las normas han previsto para cada diámetro nominal un **paso normal** (tornillería corriente) y un número reducido de **pasos finos de empleo excepcional** (roscado sobre tubos de paredes delgadas, tuercas de poco grueso, tornillos de aparatos de medida).
A igualdad de diámetro nominal **cuanto más fino es un paso, más estrechas son las tolerancias,** y por consiguiente, más costosa la fabricación.



30■23 Número de pasos

Normalmente una rosca sólo tiene un paso. Si para un diámetro nominal d dado, se desea tener un paso importante (mayor que el usual normalizado) y conservar una sección suficiente, se intercalan en el intervalo de un paso varias ranuras helicoidales idénticas.

Para saber el número de entradas de una rosca se puede:

- marcar sobre una generatriz del cilindro de diámetro d la distancia que separa dos vértices consecutivos de una misma hélice (paso P) y contar el número de huecos comprendidos entre ambos.
- o, sencillamente **contar el número de entradas de roscas en el extremo de la pieza.**

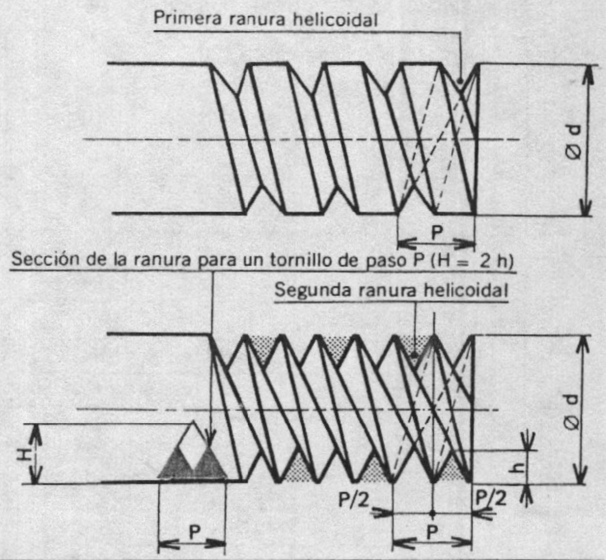
OBSERVACIONES:

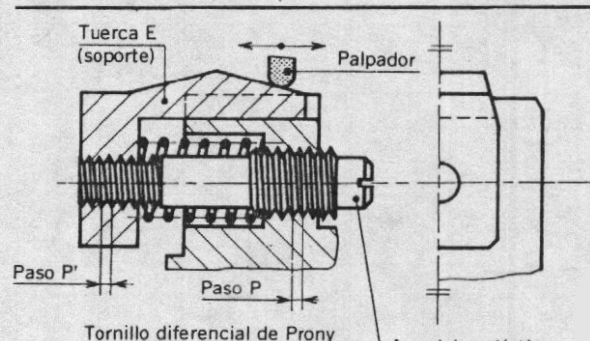
- **la rosca de varias entradas** permite conseguir para una vuelta del tornillo **un gran desplazamiento** del mismo.
- Si se desean obtener **microdesplazamientos** el paso se reduce tanto que su realización material es muy delicada.

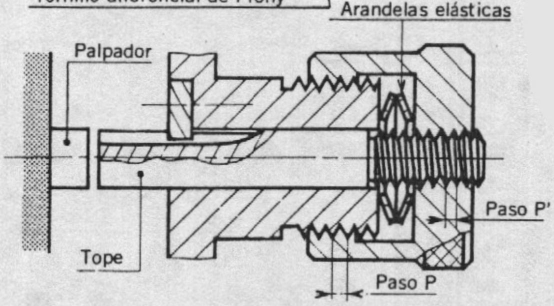
En este caso, se puede utilizar **el tornillo diferencial de Prony.** Por cada vuelta el tornillo E se desplaza una longitud **L** = **P – P'** (P y P' no contiguos y del mismo sentido).

Contiguos se muestran dos ejemplos de aplicación como tope de fin de carrera en una máquina herramienta (la finalidad de los resortes es conseguir los fuegos siempre en el mismo sentido).

REALIZACION DE UN TORNILLO DE 2 ENTRADAS







30■24 Sentido de la hélice

Un tornillo a la derecha penetra en su tuerca inmovilizada girando hacia la derecha (una a la izquierda hacia la izquierda). Ver también el § 62-4.

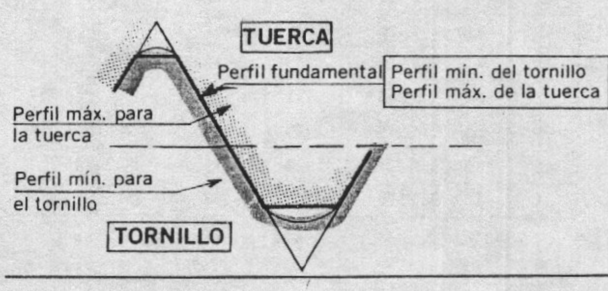
30■25 Perfil de la rosca

Se obtiene cortando el tornillo o la tuerca por un plano pasando por el eje (ver § 30-3).

30■3 Distintas clases de perfiles

Para asegurar siempre el acoplamiento el perfil base representa:

– para el tornillo el perfil máximo,
– para la tuerca el perfil mínimo.



Tolerancias en roscas	Tuerca	Tornillo*
Acabado fino	4H-5H	4h
Acabado medio	6H	6g
Acabado basto	7H	8g

*Para los revestimientos de superficie se utiliza generalmente la tolerancia f que permite un depósito de 0,007.

Perfiles especiales

Sus precios de coste siempre son más altos que los del perfil **ISO. No deben utilizarse más que en caso de necesidad realmente justificada.** Siendo su empleo poco frecuente es aconsejable el indicar de nuevo sus características a través de un dibujo del perfil a escala grande.

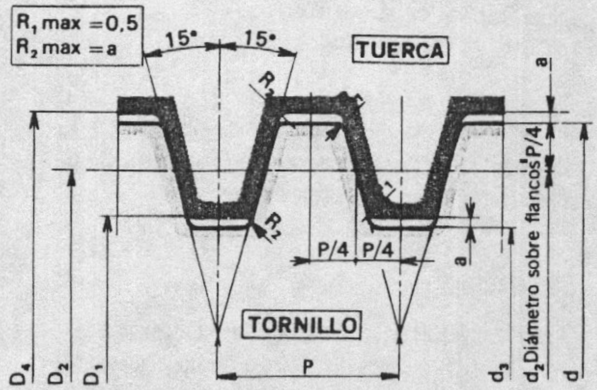
Perfil trapezoidal NF E 03-615

Se utiliza para husillos de transmisión sometidos a esfuerzos importantes.

OBSERVACIONES:

los pasos 2, 5 y 10 se utilizan para tornillos de aparatos de medida, los pasos 3, 6 y 12 son adecuados para los husillos de roscar del torno.

las roscas de una sola entrada, según el cuadro anexo, son en principio irreversibles. Para roscas de varias entradas, la irreversibilidad no puede asegurarse mas que si $P_h \geq 0{,}2d$.



P = paso de perfil Ph = paso helicoidal (avance por vuelta)					$d_2 = D_2 = d - 0{,}5P$ $d_3 = d - P - 2a$			$D_1 = d - P$ $D_4 = d + 2a$	
d		**P**			**d**		**P**		
8	(9)	1,5	-	--	32	(36)	(6)	5	(4)
10	(11)	2	(1,5)	-	40	(45)	(8)	6	(4)
12	(14)	2	(1,5)	-	50	(56)	(10)	8	(5)
16	(18)	3	(2)		63	(70)	(12)	8	(5)
20	(22)	(4)	3	(2)	80	(90)	(16)	10	(5)
25	(28)	(5)	4	(3)	100	(110)	(20)	12	(6)
Tolerancias		**Tuerca**		**Tornillo**		**Hueco del fondo de rosca**			
Calidad media		7 H		7 e		**p**	1,5	2 a 5	6 a 12
Calidad basta		8 H		8 c		**a**	0,15	0,25	0,5

Evitar el uso de valores entre paréntesis.

Designación de un roscado trapezoidal:
Símbolo Tr seguido del diámetro nominal (d = 20), y:
– para roscas de una entrada de paso (P = 3) del perfil.
– para roscas de varias entradas de paso helicoidal (Ph = 6), del símbolo, y del paso del perfil (P 3).
Indicar a continuación la tolerancia de la rosca.

Rosca de una entrada:

Tr 20 × 3 – 7 e

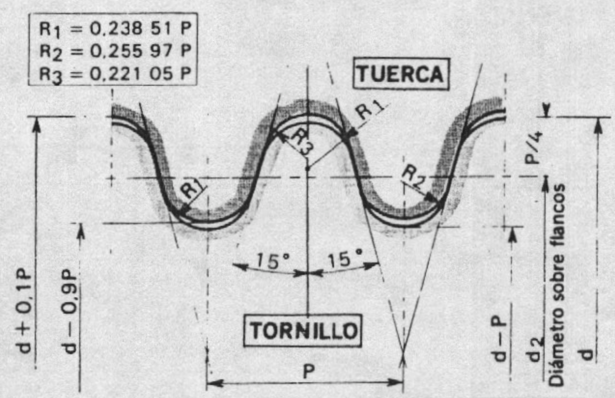
Rosca de varias entradas:

Tr 20 × 6*P 3 – 7 e

*Ph = P × número de entradas (§ 30-23).

Perfil redondo FD E 03-003

El perfil redondeado reduce en gran medida la acumulación de tensiones. Es muy resistente a esfuerzos importantes y a los golpes.



APLICACIÓN: husillo de acoplamiento de vagones.
Elección del diámetro nominal d y del paso P:

- Tomar los mismos diámetros nominales que para la rosca ISO (§ 30-31).
- Tomar como paso P un número entero de milímetros y con preferencia los pasos: 2-3-4-6.

Designación de una rosca redonda:
Símbolo Rd seguido del diámetro nominal (d = 24) y del paso (P = 3), separados por el signo de multiplicar.

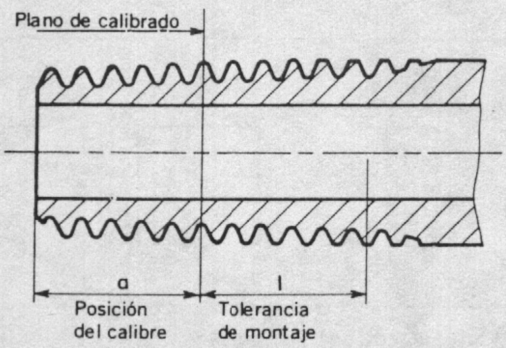
Indicaciones complementarias eventuales

Rd 24 × 3, a la izquierda, 2 entradas.

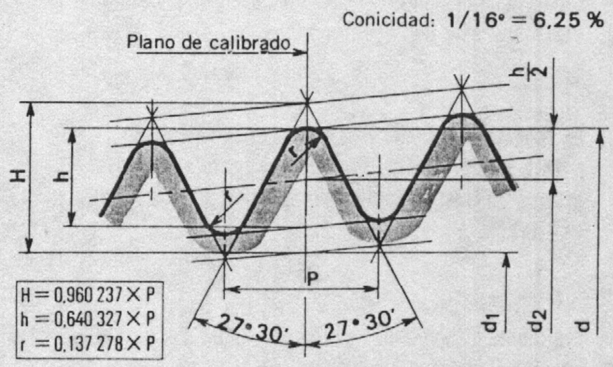
30■332 Perfil gas con rosca estanca **NF E 03-004**

El perfil exterior es cónico. El roscado generalmente es cilíndrico con tolerancias en más o en menos (símbolo J). Es el perfil que se emplea para acoplar los «tubos gas» comerciales (ver capítulo 56).

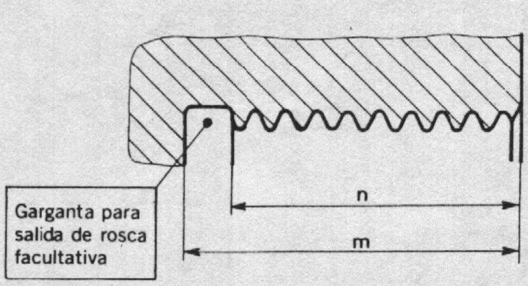
PERFIL EXTERIOR CÓNICO



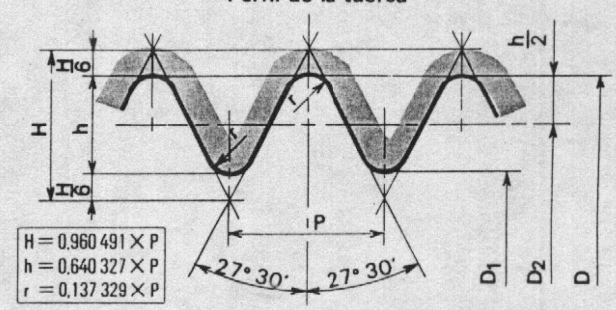
Perfil del tornillo



ROSCADO CILÍNDRICO J



Perfil de la tuerca



Denominación	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	$1_{1/4}$	$1_{1/2}$	2	$2_{1/2}$	3	$3_{1/2}$	4	5	6
P	0,907	1,337	1,337	1,814	1,814	2,309	2,309	2,309	2,309	2,309	2,309	2,309	2,309	2,309	2,309
Núm. de pasos en 25,4	28	19	19	14	14	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
$d = D$	9,728	13,157	16,662	20,955	26,441	33,249	41,910	47,803	59,614	75,184	87,884	100,330	113,030	138,430	163,830
$d_1 = D_1$	8,566	11,445	14,950	18,631	24,117	30,291	38,952	44,845	56,656	72,226	84,926	97,372	110,072	135,472	160,872
$d_2 = D_2$	9,147	12,301	15,806	19,793	25,279	31,770	40,431	46,324	58,135	73,705	86,405	98,851	111,551	136,951	162,351
a	4	6	6,4	8,2	9,5	10,4	12,7	12,7	15,9	17,5	20,6	22,2	25,4	28,6	28,6
Tolerancia sobre a	± 0,9	± 1,3	± 1,3	± 1,8	± 1,8	± 2,3	± 2,3	± 2,3	± 2,3	± 3,5	± 3,5	± 3,5	± 3,5	± 3,5	± 3,5
l min.	2,5	3,7	3,7	5	5	6,4	6,4	6,4	7,5	9,2	9,2	9,2	10,4	11,5	11,5
Denominación antigua	5-10	8-13	12-17	15-21	20-27	26-34	33-42	40-49	50-60	66-76	80-90	90-102	102-114	127-140	152-165

Designación de un perfil gas con rosca estanca: Símbolo G seguido de la «dimensión normalizada» (2 1/2 dimensión en pulgadas del tubo gas, ver § 58-17) y del símbolo J para el roscado. Precisar para el tornillo: «perfil exterior cónico» y para la tuerca: «roscado cilíndrico».

Perfil exterior cónico G 2 1/2 **Roscado cilíndrico G 2 1/2 J**

30.4 Representación de piezas roscadas NF E 04-012

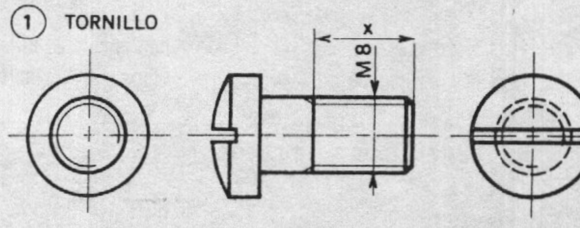
Una pieza roscada se representa como una pieza lisa sin roscar, añadiendo un cilindro pasando por el fondo de los filetes en línea interrumpida media corta o llena fina según que éste sea oculto o visto.

La longitud de rosca útil x para el tornillo (fig. 1), o p para la tuerca (fig. 3) se indica por una línea llena gruesa (o interrumpida media corta, si se halla oculta).

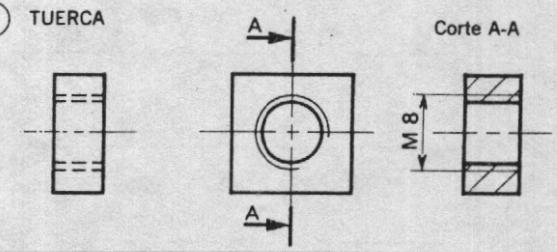
Los filetes incompletos se representan por dos pequeños trazos inclinados a 30º o interrumpidos cortos si están ocultos. Esta representación es opcional y puede ser suprimida si no hay ningún riesgo de error a temer.

En las piezas roscadas vistas de canto, el chaflán extremo no se representa (fig. 1 y 3).

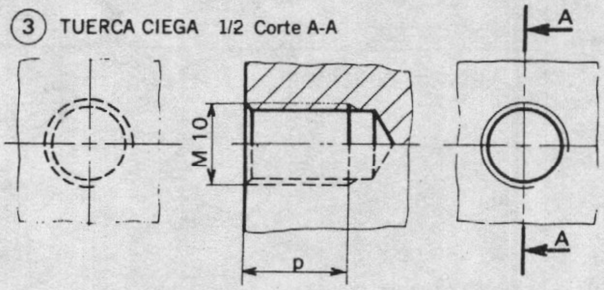
① TORNILLO



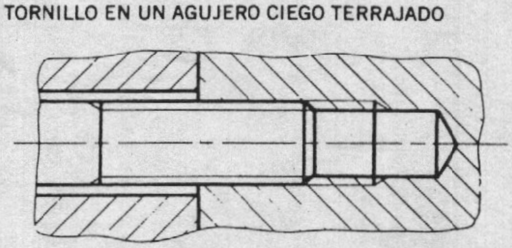
② TUERCA



③ TUERCA CIEGA 1/2 Corte A-A



④ TORNILLO EN UN AGUJERO CIEGO TERRAJADO

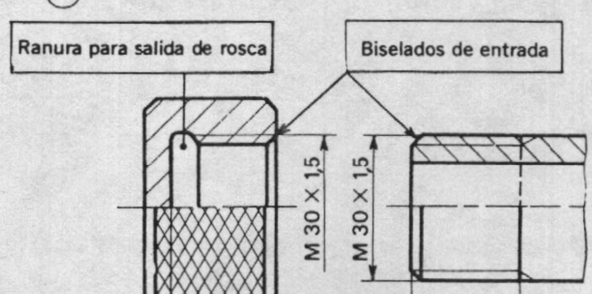


30.41 Montaje de piezas roscadas

Se aplica la regla siguiente:

Los roscados exteriores ocultan siempre los roscados interiores.

⑤ TAPÓN ROSCADO TUBO ROSCADO



30.42 Acotación de roscas

El diámetro a acotar es el diámetro común al tornillo y a la tuerca. El perfil utilizado se indica por medio de las designaciones normalizadas del párrafo 30-3.

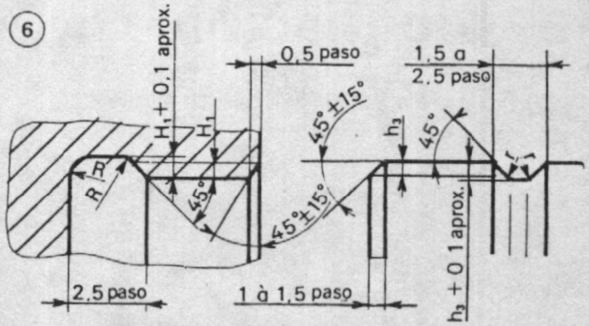
La longitud a acotar es la longitud útil de la rosca (cotas 15 y 18 de la figura 5). Debe indicarse en concordancia con los principios de la acotación funcional (capítulo 19).

OBSERVACIONES:

- **La longitud de los filetes formados de manera imperfecta** está comprendida entre 1,5 y 2,5 veces el paso (roscado a terraja o con herramienta).

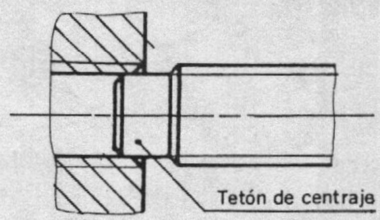
- Las medidas habituales para **los chaflanes de entrada, y las salidas de rosca,** se indican en la figura 6.

(6)



- **En el caso de que el lugar de colocación de un tornillo sea poco accesible,** se termina su extremo en un tetón (fig. 7). El tetón asegura un centraje correcto del tornillo sin necesidad de tanteo y el montaje es rápido y agradable.

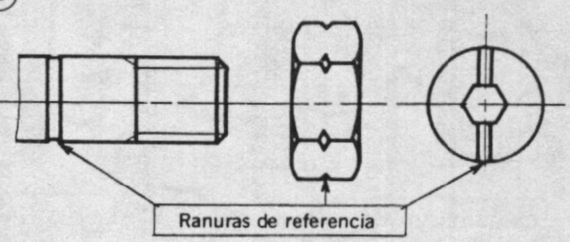
(7)



30.43 Marcado de las piezas roscadas a izquierda

A efectos de usuario las piezas roscadas a izquierda se marcan con una (o dos) ligera ranura.
La ranura debe quedar visible cuando la pieza está en su alojamiento.

(8)



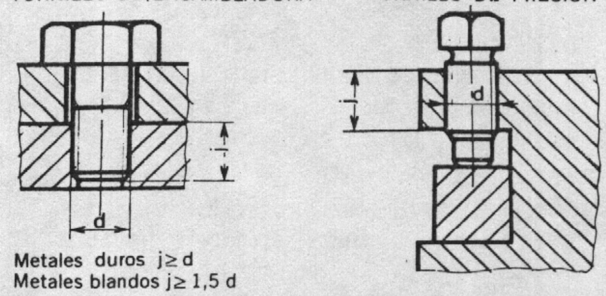
31 Tornillos de fijación

Los tornillos de fijación se utilizan para unir varias piezas, por presión de unas sobre otras. Hay dos formas de aplicación:

- la presión se efectúa por la cabeza (tornillo de montaje).
- la presión se efectúa por el extremo (tornillo de presión).

Los tornillos se representan en los dibujos según las formas y dimensiones que se indican más adelante.

TORNILLO DE ENSAMBLADURA — TORNILLO DE PRESIÓN



Metales duros $j \geq d$
Metales blandos $j \geq 1{,}5\ d$

31■1 Tornillos de montaje

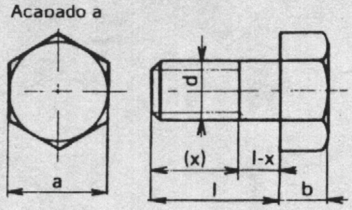
31■11 Tornillos metálicos

Las cabezas H y Q son las que proporcionan un apriete más firme (la cabeza Q se utiliza poco en mecánica). A continuación viene la cabeza CHc que tiene la ventaja con relación a las anteriores de alojarse en un agujero de pequeño diámetro.

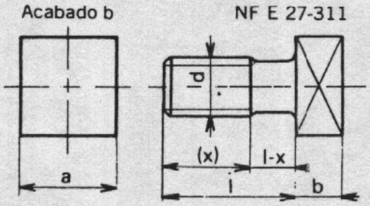
Las cabezas con ranura proporcionan un apriete menos firme. Las cabezas fresadas pueden ser embutidas en piezas de poco espesor (§ 28-13).

Los tornillos de cabeza cónica aseguran un centraje de las piezas. Ello es muchas veces un inconveniente (exceso de centrajes).

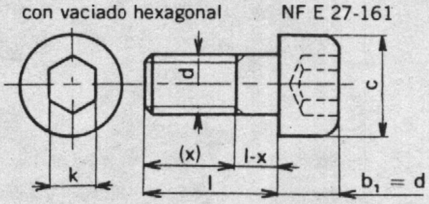
CABEZA HEXAGONAL Símbolo: H
Acabado a



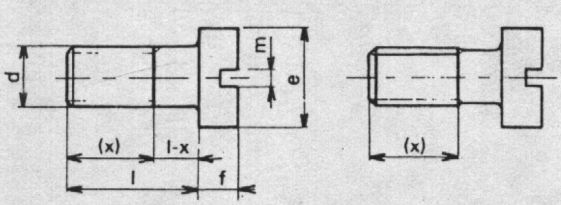
CABEZA CUADRADA Símbolo: Q
Acabado b NF E 27-311



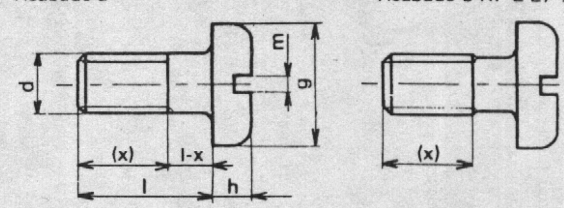
CABEZA CILÍNDRICA con vaciado hexagonal Símbolo: CHC
NF E 27-161



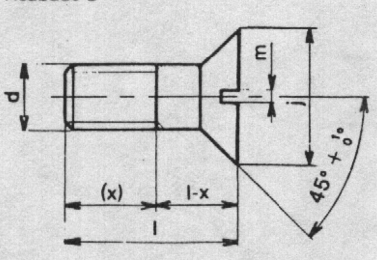
CABEZA CILÍNDRICA RANURADA Símbolo: C NF E 27-115
Acabado a — Acabado b



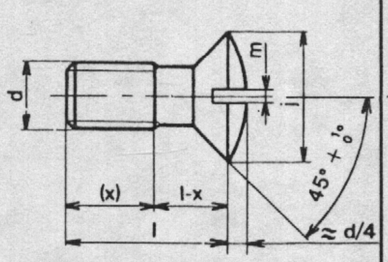
CABEZA CILÍNDRICA ANCHA RANURADA Símbolo: CL
Acabado a — Acabado b NF E 27-116



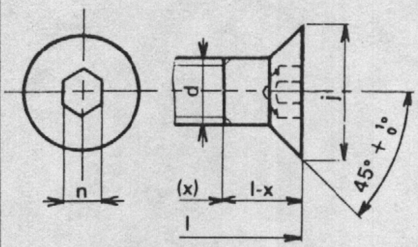
CABEZA AVELLANADA RANURADA
Símbolo F/90
Acabado b



CABEZA AVELLANADA BOMBEADA
Símbolo FB/90 NF E 27-113
Acabado b



CABEZA AVELLANADA con vaciado hexagonal Símbolo: FHc/90
NF E 27-160



d	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36
Paso	0,35	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
a				5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55
b				2	2,8	3,5	4	5,5	7	8	9	10	12	13	14	15	17	19	21	23
c	3	3,8	4,5	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36				
e	3	3,8	4,5	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30						
f	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	3,9	5	6	7	8	9	10	11						
g			5	6	8	10	12	16	20											
h			1,5	1,8	2,4	3	3,6	4,8	6											
j	3,52	4,4	5,5	6,3	8,4	10	12	16	20	24	28	32	36	40						
k	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	17	19				
m			0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5											
n	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	10	12	12						
Longitud l	LONGITUD ROSCADA x																			
6	6	6	6																	
8	8	8	8																	
10	10	10	10																	
12	12	12	12																	
(14)		14	14	12																
16		16	16	12	14															
18		18	18	12	14	16														
20		20	20	12	14	16	18													
(22)				12	14	16	18													
25				12	14	16	18	22												
(28)				12	14	16	18	22												
30				12	14	16	18	22	26											
35					14	16	18	22	26	30										
40					14	16	18	22	26	30	34									
45						16	18	22	26	30	34	38								
50						16	18	22	26	30	34	38	42							
55							18	22	26	30	34	38	42	46	50					
60							18	22	26	30	34	38	42	46	50	54				
65								22	26	30	34	38	42	46	50	54				
70								22	26	30	34	38	42	46	50	54	60			
75									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66		
80									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	
85									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	
90									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	78
100									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	78
110									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	78
120									26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	78
130									32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
140										36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
150										36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
160										36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
170										36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
180										36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
190											40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
200											40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
225	Etc. de 25 en 25			Evitar el empleo de los valores entre paréntesis													79	85	91	97

Ejemplo de designación de un tornillo de cabeza hexagonal de cotas d = 10, rosca métrica ISO (se indica el paso 1,5, asi M 10 × 1,5, si hay temor de confusión con otro paso), l = 50 y de clase de calidad 5,6 (ver § 37-2). Si procede esta designación puede ir seguida de la forma de ejecución a ó b.

Tornillo H, M 10*50, NF E 27-311, clase 5, 6

*El diámetro del roscado puede ir seguido eventualmente de la tolerancia de fabricación: calidad media 6 g, calidad basta 8 g.

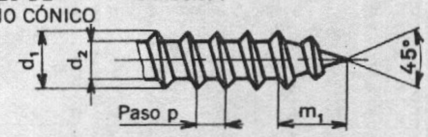
31■12 Tornillos para chapa y autoterrajantes

Existen dos tipos de los mismos:

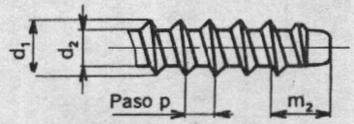
- **los de extremo cónico, símbolo P,** utilizada para chapas delgadas (e $<$ 1,5 mm).
- **los de extremo cónico, símbolo P,** utilizados para chapas más gruesas, los metales blandos y las materias plásticas.

Estos tornillos se fabrican con cuatro tipos de cabezas:

TORNILLO DE EXTREMO CÓNICO   Símbolo: P

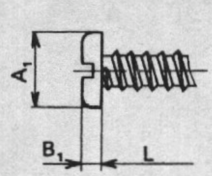


TORNILLO DE EXTREMO PLANO   Símbolo: SP

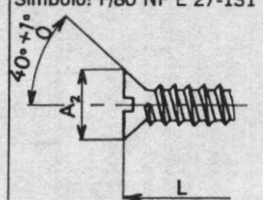


TAMAÑO *	A_1 max	B_1 max	A_2 max	B_2 max	A_3 max	B_3 js 14	d_1 max	d_2 max	p aprox.	m_1 aprox.	m_2 aprox.	Longitudes L (los tornillos son roscados en toda su longitud)
2	4,24	1,35	4,37	0,76	3,2	1,3	2,24	1,63	0,79	2,20	2	4,5 - 6,5 - 9,5 - 13 - 16
(3)	4,90	1,52	5,05	0,89	4	1,4	2,57	1,90	0,91	2,50	2,20	6,5 - 9,5 - 13 - 16
4	5,56	1,73	5,72	0,97	5	1,5	2,90	2,18	1,06	2,90	2,60	6,5 - 9,5 - 13 - 16 - 19
(5)	6,22	1,90	6,40	1,02	5	1,8	3,30	2,39	1,27	3,30	3	6,5 - 9,5 - 13 - 16 - 19
6	6,86	2,08	7,09	1,14	5,5	2,3	3,53	2,64	1,27	3,60	3,20	6,5 - 9,5 - 13 - 16 - 19 - 22
(7)	7,52	2,26	7,75	1,27	6	2,5	3,91	2,92	1,34	4	3,30	9,5 - 13 - 16 - 19 - 22
8	8,18	2,44	8,43	1,32	7	2,8	4,22	3,10	1,41	4,30	3,50	9,5 - 13 - 16 - 19 - 22 - 25
10	9,47	2,79	9,78	1,52	8	3	4,80	3,58	1,59	4,90	4	9,5 - 13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 32
(12)	10,80	3,18	11,13	1,73	8	4	5,46	4,17	1,81	5,60	4,50	13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 32 - 38
14	12,50	3,66	12,88	2,03	10	4,8	6,25	4,88	1,81	6,50	5,20	13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 32 - 38
(16)	15,62	4,52	16,13	2,54	13	5,8	8	6,20	2,12	8,30	7	13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 32 - 38 - 45 - 50

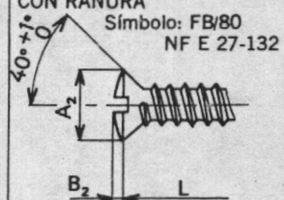
TORNILLOS CON CABEZA CILINDRICA CON RANURA
Símbolo: CL NF E 27-131



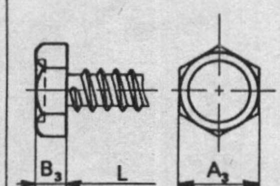
TORNILLOS CON CABEZA AVELLANADA CON RANURA
Símbolo: F/80 NF E 27-131



TORNILLOS CON CABEZA AVELLANADA Y BOMBEADA CON RANURA
Símbolo: FB/80 NF E 27-132



TORNILLOS CON CABEZA HEXAGONAL EXTERIOR
Símbolo: H NF E 27-133



DIÁMETROS DE TALADRADO**

Esp. de la chapa	0,4 a 0,5	0,6 a 0,8	0,9 a 1	1,2 a 1,5	0,4 a 0,5	0,6 a 0,8	0,9 a 1	1,2 a 1,5	2 a 2,5	3 a 3,5	0,6 a 0,8	0,9 a 1	1,2 a 1,5	2 a 2,5	3 a 3,5	Materiales blandos	Materiales plásticos
TAMAÑO	Tornillos P				Tornillos SP						Tornillos SP					Tornillos SP	
	Acero				Acero y latón						Aleación de aluminio					Mat moldeados	
2	1,6	1,7	1,8	–	1,6	1,7	1,8	1,8	–	–	1,6	1,6	1,7	1,7	–	1,95	1,85
(3)	1,9	2	2,1	–	1,9	2	2,1	2,1	–	–	1,9	1,9	1,9	2	–	2,3	2,2
4	2,2	2,4	2,5	–	2,2	2,4	2,4	2,5	–	–	2,2	2,2	2,2	2,3	–	2,65	2,54
(5)	2,4	2,5	2,6	–	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	–	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	3	3
6	2,6	2,6	2,7	–	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	–	2,6	2,6	2,7	2,8	3	3,25	3,25
(7)	2,8	2,9	3	3,2	–	3	3	3,2	3,5	–	2,9	2,9	3	3,3	3,5	3,70	3,50
8	3,1	3,1	3,2	3,5	–	3,1	3,1	3,4	3,6	3,8	2,9	3	3,3	3,6	3,8	3,90	3,80
10	–	3,4	3,5	3,8	–	3,7	3,7	3,8	4	4,3	–	3,1	3,6	3,8	4	4,50	4,50
(12)	–	3,9	4	4	–	4,2	4,2	4,4	4,6	5	–	–	4,1	4,5	4,6	5,10	5,10
14	–	4,8	4,9	5	–	–	4,9	5	5,4	5,8	–	–	5,1	5,3	5,8	5,95	5,65
(16)	–	6,2	6,3	6,4	–	–	6,2	6,3	6,4	6,8	–	–	6,3	6,4	6,8	7,7	7,4

*Evitar el empleo de valores entre paréntesis. **Valores no normalizados.

DESIGNACIÓN DIMENSIONAL

Ejemplo de designación dimensional de un tornillo para chapa con cabeza avellanada con ranura a 80°, de un número de designación 14, de longitud L = 13, de extremo plano:

Tornillo para chapa F/80 N.º 14-13 tipo SP, NF E 27-132.

OBSERVACIÓN:

Los tornillos con cabeza cilíndrica y los tornillos con cabeza avellanada se fabrican también con ranuras en cruz.

Tornillos para madera

El apriete más firme se consigue con tornillos de cabeza cuadrada pero ésta no existe más que a partir del diámetro d = 5.

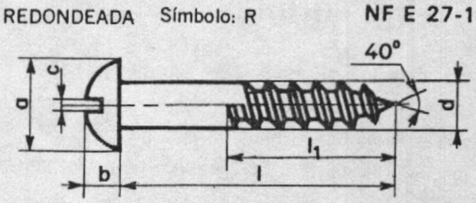
Material

Los tornillos para madera se fabrican normalmente en acero dulce (Adx) o en latón (U-Z39 Pb1) y a continuación se protegen con un revestimiento metálico (baños de cinc, cadmio, níquel, etc.).

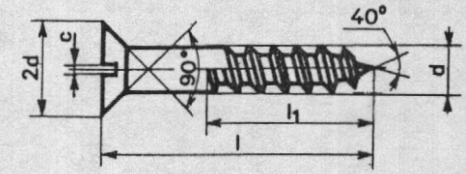
d	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
a	4,5	5,5	6,5	7	8	9	11	12	14
b	2,2	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
c	0,8	1	1	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6	2
e						3,5	4	5	5,5
f						8	10	11	13
LONGITUDES l									
8									
10									
12									
16									
20									
25									
30									
35		*							◢
40									
45								◢	◢
50									
60				*					
70					*				
80						*			
90							◥		
100								*	

Tornillos cuadrados: solamente están normalizadas las dimensiones recuadradas.
◢ **Cabeza cuadrada solamente.**
◥ **Cabeza avellanada solamente.**
***Medida a evitar.**

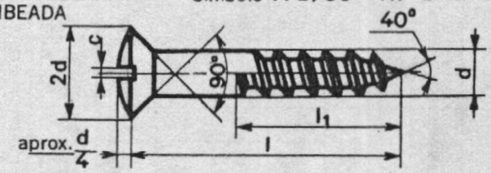
CABEZA REDONDEADA Símbolo: R NF E 27-141



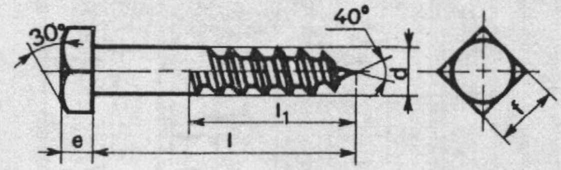
CABEZA AVELLANADA Símbolo : F/90 NF E 27-142



CABEZA AVELLANADA Y BOMBEADA Símbolo : FB/90 NF E 27-143



CABEZA CUADRADA Símbolo : Q NF E 27-144



Valores de l_1	
$l \leqslant 60$ mm $l_1 = 0{,}66\,l$	$l > 60$ mm $l_1 = 0{,}33\,l + 20$ mm

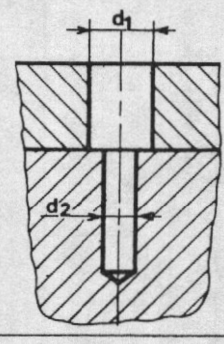
Prepación de las piezas.

La colocación de un tornillo para madera requiere el perforado:

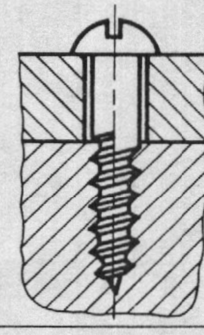
de un taladro pasante (**$d_1 > d$**) en la o las piezas a unir,

de un taladro previo (**$d_2 < d$**) en la pieza donde se aterraja.

PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS



CONJUNTO MONTADO



Ejemplo de designación dimensional de un tornillo para madera con cabeza avellanada a 90°, de cotas **d** = 5 y **l** = 60.

Tornillo para madera $\frac{F}{90}$ 5-60, NF E 27-142

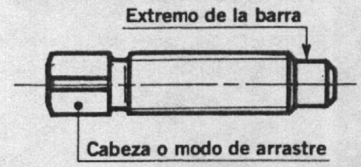
31■2 Tornillos de fijación

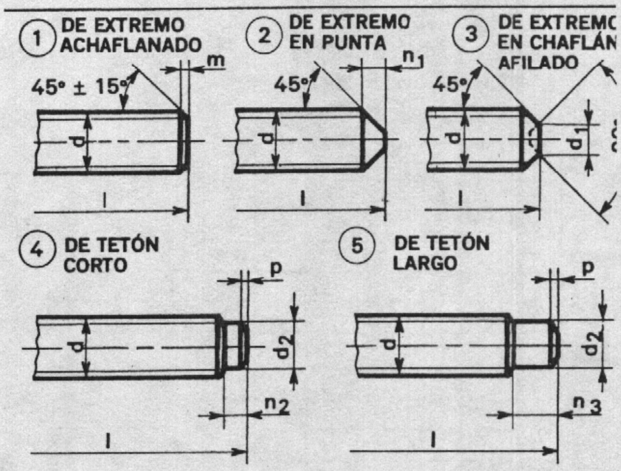
(Ver de nuevo el principio de este capítulo.)
Estos tornillos resultan de combinar dos elementos:

- la forma del extremo de la barra,
- la forma de la cabeza o modo de accionamiento.

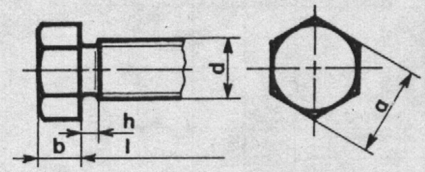
DIMENSIONES DEL EXTREMO DE LA BARRA								
d	Pas	m	n_1	d_1	n_2	d_2	n_3	p
2	0,4	0,2	0,8	1	0,8	1,5	1,5	0,2
2,5	0,45	0,3	1	1,3	0,9	1,8	1,8	0,3
3	0,5	0,3	1,1	1,5	1	2	2	0,3
4	0,7	0,4	1,5	2	1,5	2,5	2,5	0,4
5	0,8	0,5	1,9	2,5	1,5	3,5	3,5	0,5
6	1	0,6	2,3	3	2	4,5	4,5	0,6
8	1,25	0,7	3	4	3	6	6	0,7
10	1,5	0,9	3,8	5	3	7	7	0,9
12	1,75	1	4,5	6	4	9	9	1
14	2	1,2	5,3	7	5	10	10	1,2
16	2	1,2	6	8	5	12	12	1,2
18	2,5	1,4	6,8	9	6	14	14	1,4
20	2,5	1,4	7,5	10	6	16	16	1,4
22	2,5	1,4	8,3	11	7	16	16	1,4
DIM. DE LA CABEZA O DEL ACCIONAMIENTO								
d	a	b	a_1	a_2	a_3	f_3	g_3	h*
2					3,5	1	0,6	0,8
2,5					4	1,2	0,6	0,9
3			3,2	2,2	4,5	1,4	0,8	1
4			4	3,2	6	1,6	1	1,4
5			5	4	7	2,2	1,2	1,6
6	8	4	6	5	9	2,4	1,6	2
8	11	5,5	8	6	11	3,2	2	2,5
10	13	7	10	8	14	4	2	3
12	17	8	13	10	18	4	2,5	3,5
14	19	9	17	11	20	4	2,5	4
16	22	10	17	13	22	5	3	4
18	24	12	19	13	24	5	3	5
20	27	13	22	17	27	5	3	5
22	30	14	24	17	30	6	4	5
LONGITUDES DE LA BARRA l								
2	5	12	20	30	50	70	90	130
2,5	6	14	(22)	35	55	75	100	140
3	8	16	25	40	60	80	110	160
4	10	(18)	(28)	45	65	85	120	160
Evitar el empleo de las longitudes entre paréntesis.								

*La garganta generalmente sólo se prevé para tornillos con tetón.





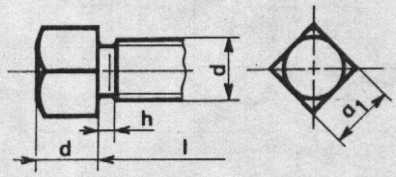
HEXAGONAL ESTRECHA Símbolo Hm NF E 27-110



EXTREMOS CORRIENTES

(3) (4) (5)

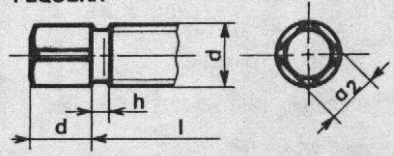
CUADRADA NORMAL Símbolo QP NF E 27-110



EXTREMOS CORRIENTES

(2) (3) (4) (5)

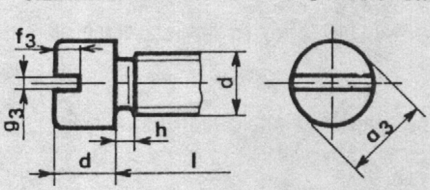
CABEZA CUADRADA PEQUEÑA Símbolo Qm NF E 27-110



EXTREMOS CORRIENTES

(3) (4)

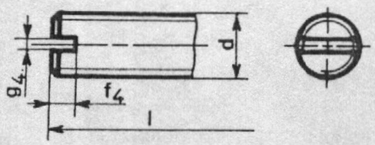
CILÍNDRICA ESTRECHA Símbolo Cm NF E 27-110



(2) (4) (5)

d	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
g_4	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1	1,6	2	2	2,5	2,5	3
f_4	0,8	1	1,2	1,6	2	2	3	4	4	5	5	6

SIN CABEZA RANURADA — Sin símbolo — NF E 27-110



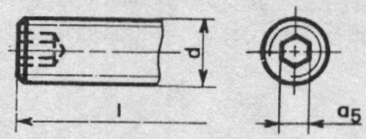
EXTREMOS CORRIENTES

① ② ⑤

d	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
a_5	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12

Iguales longitudes que los tornillos anteriores.

SIN CABEZA CON HEXÁGONO INTERIOR — Símbolo Hc — NF E 27-162



EXTREMOS CORRIENTES

① ② ③ ④

DESIGNACIÓN DIMENSIONAL

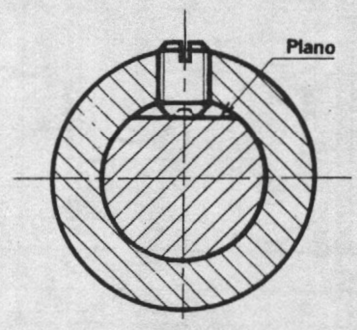
Ejemplos:

■ Tornillo de cabeza hexagonal reducida de cotas: **d** = 10, rosca métrica ISO y longitud **l** = 50.	**Tornillo Hm, de extremo en chaflán afilado, M 10-50,** NF E 27-110.
■ Tornillo sin cabeza, con hexágono interior, de extremo achaflanado, de cotas: **d** = 12, rosca métrica ISO y de longitud **l** = 60.	**Tornillo Hc, de extremo achaflanado, M 12-60,** NF E 27-162.

Materiales:

Ver capítulo 37.

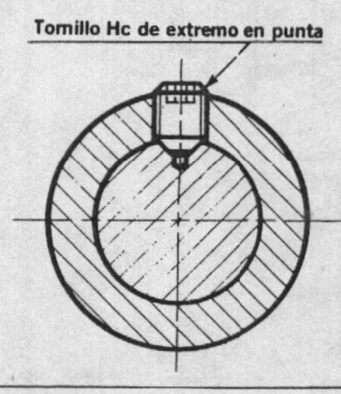
EMPLEO COMO TORNILLO DE PRESIÓN



APLICACIONES DE LOS TORNILLOS DE PRESIÓN

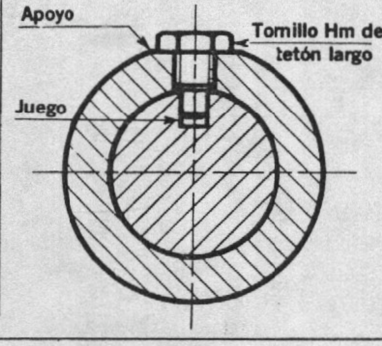
Independientemente de su empleo como tornillos de presión pueden servir como tornillos de fijación o de guía. Estas últimas aplicaciones son sobre todo adecuadas para pequeños mecanismos, sometidos a poco esfuerzo, y poco precisos.

EMPLEO COMO TORNILLO DE FIJACIÓN

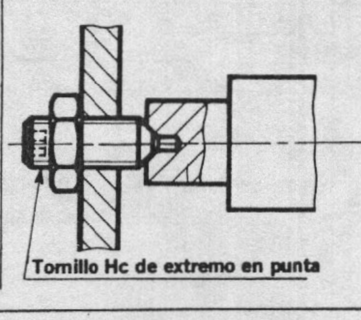


EMPLEO COMO TORNILLO DE GUÍA

Guía en sentido longitudinal



Guía giratoria



31■3 Tornillos de bloqueo*

Un tornillo de bloqueo, es un tornillo de presión (sin cabeza, ranurado) cuyo extremo lleva un patín. El par de rozamientos relativamente bajo entre el tornillo y la placa deslizante (contaco esfera-cono de pequeño diámetro) permite ejercer una **presión importante sin dejar marcas en la pieza a inmovilizar.**

Prácticamente se le aplica siempre una cabeza elegida entre las tuercas del capítulo 32. Se toma generalmente una tuerca moleteada (§ 32-23) o una manilla en cruz (§ 32-24).

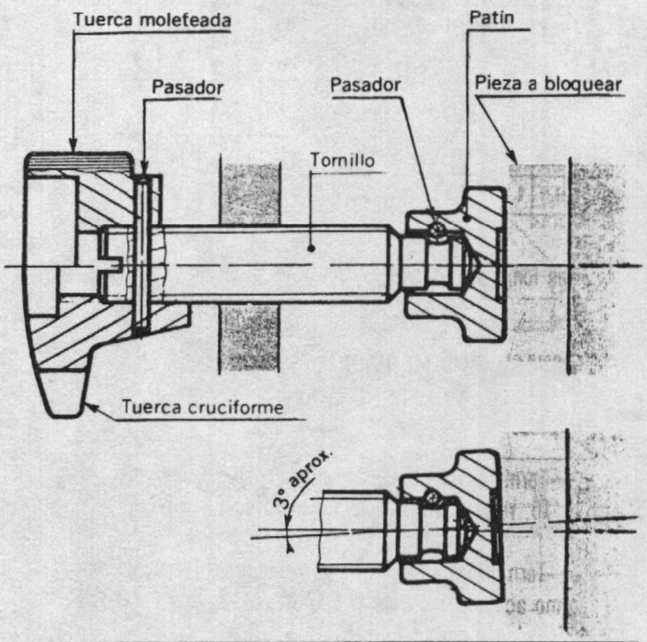
OBSERVACIÓN:
El patín puede inclinarse ± 3º aproximadamente con relación al eje del tornillo.

APLICACIÓN:
Se emplea con frecuencia para sujetar una pieza en un utillaje de mecanización.

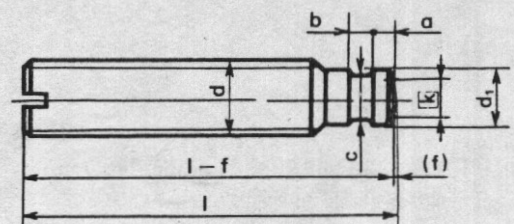
d	6	8	10	12	14
a	1,5	1,8	2,2	2,6	3,9
b	2,2	3	3	4,5	4,5
c	3	4	5,5	6	7,5
d_1	4,5	6	7,5	9	10,5
k	3,5	5	6	7	8,5
f aprox.	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1
Longitudes	30	40	50	60	70
	40	55	65	75	85
l	60	75	85	95	100

d	6	8	10	12	14
D	12	16	20	24	28
D_1	10	13	16	18	20
D_2	5	7	8	10	12
g	1,5	2	2	3	3
h	2,8	3,3	3,9	5,1	5,6
h_1 aprox.	5,3	6,3	7,4	9,6	11,1
h_2 aprox.	2,7	3,7	4,6	5,4	6,4
k	3,5	5	6	7	8,5

CONJUNTO TORNILLO-PATÍN

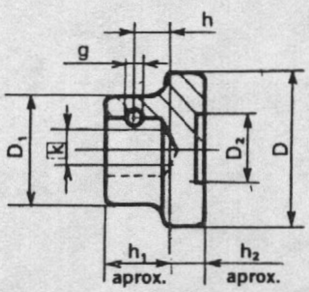


TORNILLO DE BLOQUEO SIN CABEZA NF E 27-164



Material: acero, clase de calidad: 6,8 extremo esférico tratado HRC ≥ 42

PATIN NF E 27-165



Material: acero no aleado tratado HRC≥ 58

Ejemplos de designación dimensional:

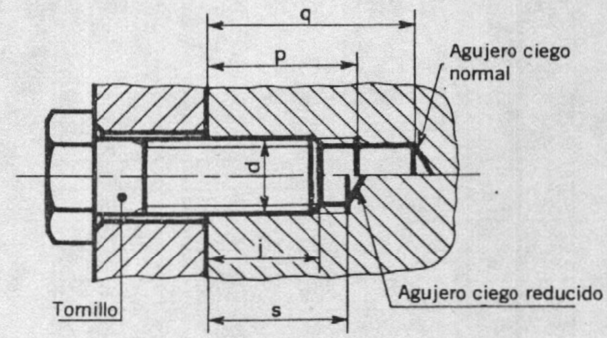
- Tornillo de bloqueo sin cabeza, de dimensiones **d** = 10, rosca métrica ISO y de longitud **l** = 65. — **Tornillo de bloqueo M 10-65,** NF E 27-164
- Patín para tornillo de bloqueo, de cota **d** = 10. — **Patín 10,** NF E 27-165

*Fabricante: Norelem.

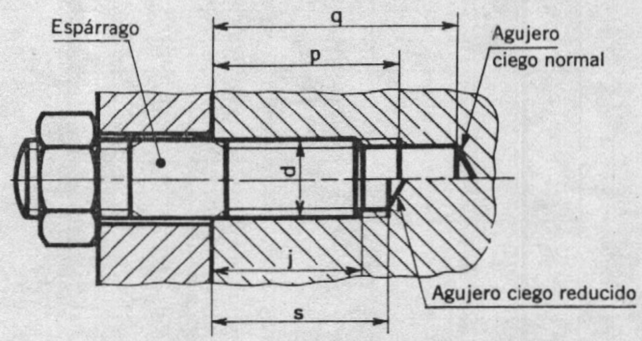
31■4 Longitud de los roscados interiores NF E 27-041

Para un tornillo la dimensión j debe ser por lo menos igual a los valores siguientes:

metales duros: j ≥ d
metales blandos: j ≥ 1,5 d.



Para un espárrago (ver § 33-2), la dimensión j debe respetar los valores siguientes:



metales duros: j = 1,5 d metales blandos: j = 2 d							
d	**p**	**q**	**s**	**d**	**p**	**q**	**S**
2,5	j+1,5	j+ 4	j+1,5	16	j+ 8	j+20	j+ 6
3	j+2	j+ 5	j+2	18	j+10	j+22	j+ 7
4	j+2,5	j+ 6	j+2,5	20	j+10	j+25	j+ 7,5
5	j+3	j+ 8	j+3	22	j+10	j+25	j+ 7,5
6	j+4	j+10	j+3,5	24	j+12	j+25	j+ 8,5
8	j+5	j+12	j+4	27	j+12	j+27	j+ 9
10	j+6	j+14	j+4,5	30	j+14	j+30	j+10
12	j+7	j+16	j+5	33	j+14	j+33	j+11
14	j+8	j+18	j+6	36	j+16	j+36	j+11

31■ Refundidos - Agujeros pasantes NF E 27-040, 041

Según los elementos utilizados, se distinguen:

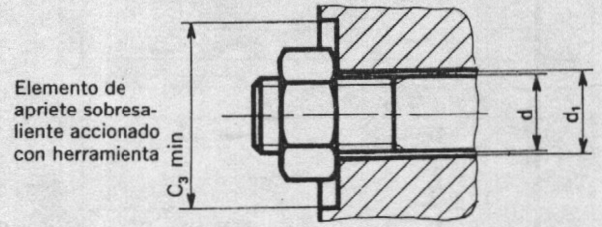
- Los refundidos para elementos de apriete que no sobresalen.
- Los refundidos de la cota c_1 permiten el montaje, salen.

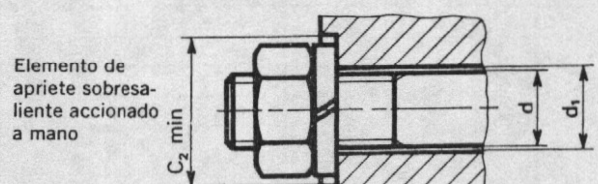
OBSERVACIONES:

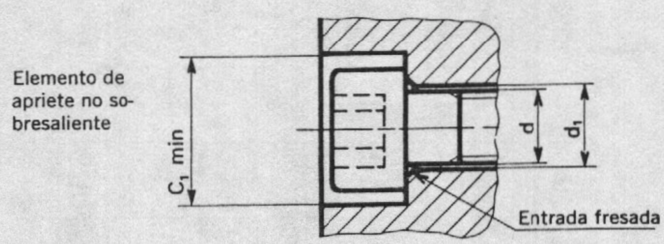
- Los refundidos de cota C_1 permiten el montaje, debajo de la tuerca de arandelas Grower.
- En el caso de tornillos empleados sin arandela, fresar ligeramente la entrada del agujero pasante con objeto de asegurar un asiento correcto de la cabeza.

d	Rebaje			d_1 Serie			d	Rebaje			d_1 Serie		
	c_1	c_2	c_3	Fina	Media	Basta		c_1	c_2	c_3	Fina	Media	Basta
2,5	7	12	13	2,7	2,9	3,1	16	30	42	53	17	18	19
3	8	12	14	3,24	3,6	4	18	32	45	63	19	20	21
4	10	14	18	4,3	4,5	4,8	20	36	48	63	21	22	24
5	11	16	22	5,3	5,5	5,8	22	38	53	63	23	24	26
6	13	20	24	6,4	6,5	7	24	42	56	85	25	26	38
8	18	24	30	8,4	9	10	27	48	63	95	28	30	32
10	20	30	38	10,5	11	12	30	53	75	95	31	33	35
12	22	34	45	13	14	15	33	56	80	95	34	36	38
14	26	38	53	15	16	17	36	63	85	95	37	39	42

EJEMPLOS DE REBAJES



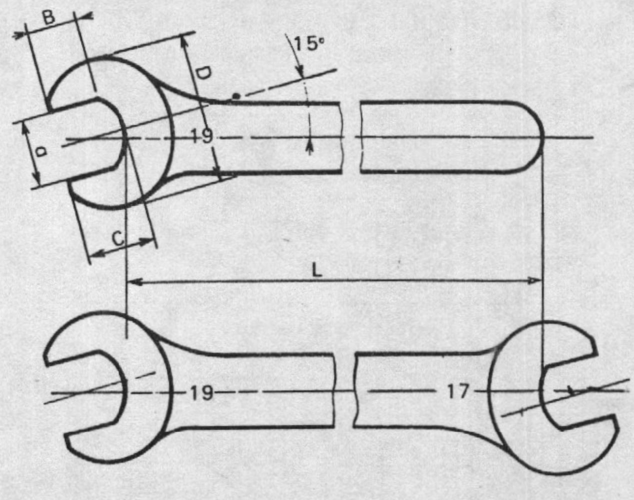




31■6 Dimensiones de las llaves para tuercas

31■61 Llaves planas R 613-02

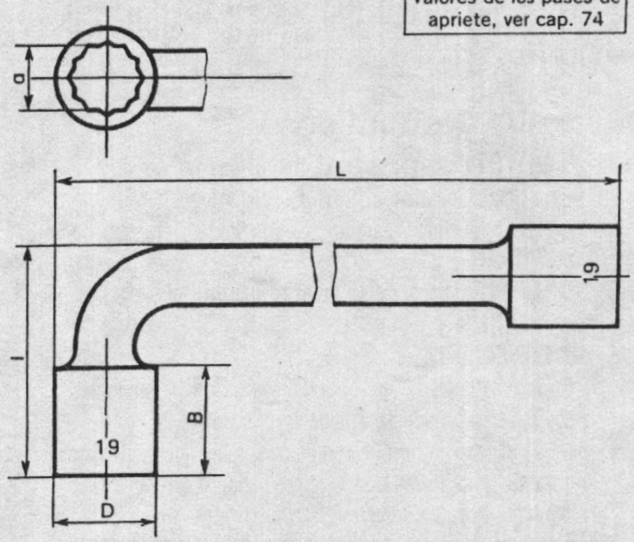
a	D	B min.	C min.	L aprox.
6	16	3,6	5,4	100
7	18	4,2	6,3	100
8	19	4,8	7,2	105
10	23	6	9	115
11	27	6,6	9,9	120
13	32	7,8	11,7	125
14*	34	8,4	12,6	130
17	40	10,2	15,3	150
19	44	11,4	17,1	160
22	49	13,2	19,8	170
24	54	14,4	21,6	180
27	60	16,2	24,3	190
30	66	18	27	200
32	70	19,2	28,8	210
36	78	21,6	32,4	220



Valores de los pases de apriete, ver cap. 74

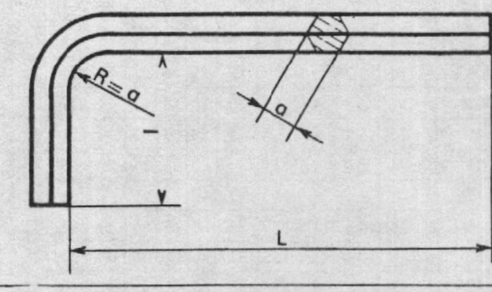
Llaves de pipa

a	D max.	B aprox.	l aprox.	L aprox.
6	9	10	23	104
7	11	11	23	116
8	13	13	27	125
10	15	16	35	160
11	17	16	37	165
13	19	19	45	188
14*	21	21	45	208
17	25	24	52	255
19	27	29	60	285
22	31	31	70	314
24	34	34	75	342
27	38	40	80	375
30	42	43	85	400
32	45	45	90	420
36	50	52	95	440



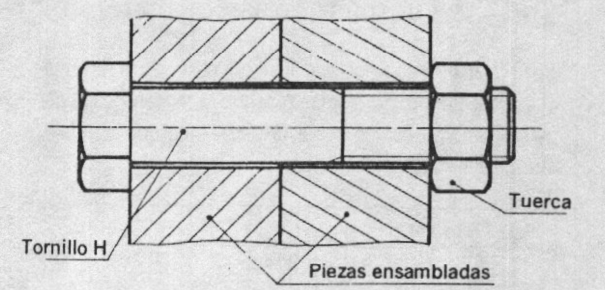
Llaves para tornillos con hexágono embutido R613-04

a	L max.	l max.	a	L max.	l max.
1,3	40	12	5	80	28
1,5	45	14	6	90	32
2	50	16	8	100	36
2,5	56	18	10	112	40
3	63	20	12	125	45
4	71	25	14	140	56



*No normalizado por ISO.

32 Tuercas



Toda pieza con un taladro roscado actúa como una tuerca. A través de un vástago roscado, una tuerca puede servir:

- o como tuerca de montaje (figura contigua).
- o como tuerca de transformación de movimientos (tuerca de tornillo de banco, por ejemplo).

El estudio se limitará a las tuercas de montaje.

32■1 Tuercas apretadas con llave

Son las tuercas más corrientes. Permiten un apriete eficaz.

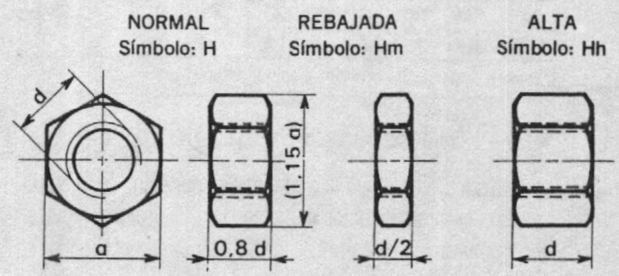
32■11 Tuercas hexagonales

Tuerca normal H
Es el tipo de tuerca más empleado. Es adecuado para la mayoría de aplicaciones.

Tuerca rebajada Hm
Se emplea sobre todo como contratuerca (§ 36-22).

Tuerca alta. Hh
Se emplea excepcionalmente (material de la tuerca menos resistente que el del tornillo).

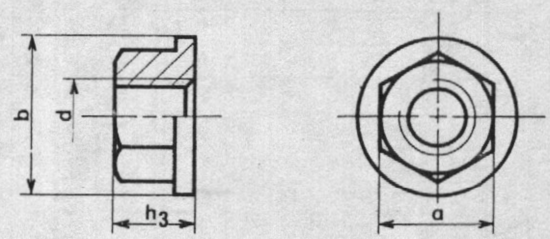
TUERCAS HEXAGONALES NF E 27-411



32■12 Tuercas con refuerzo

Presentan una gran superficie de apoyo. Con ello puede evitarse el empleo de una arandela.

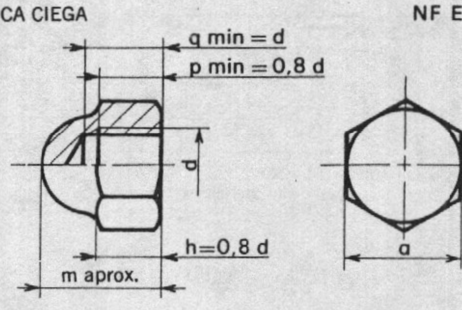
TUERCA CON REFUERZO NF E 27-452



32■13 Tuercas ciegas

- Protegen el extremo de la varilla roscada contra los choques.
- Mejoran la estética del montaje.

TUERCA CIEGA NF E 27-453



d	Paso	a	b	h_3	m	d	Paso	a	b	h_3	m	d	Paso	a	b	h_3	m	d	Paso	a	b	h_3	m
2,5	0,45	5				8	1,25	13	18	9	13	(18)	2,5	27	39	20	28,5	30	3,5	46	60	31	47
3	0,5	5,5			5 1	10	1,5	17	22	11	16,5	20	2,5	30	42	21	31	(33)	3,5	50	64	33	51
4	0,7	7			6,7	12	1,75	19	27	13,5	19,5	(22)	2,5	32	45	23	34	36	4	55	68	37	56
5	0,8	8			8	(14)	2	22	30	15	22	24	3	36	48	25	37	39	4	60	75	39	61
6	1	10	14	7	10	16	2	24	33	17	25	(27)	3	41	50	28	42	42	4,5	65	80	43	66

Evitar el empleo de los diámetros entre paréntesis.

*Fabricante: Norelem.

32■14 Tuercas con asiento esférico

Se utilizan cuando la cara de apoyo es oblicua con relación al eje del tornilo. Su empleo requiere la mecanización de un alojamiento cónico sobre la pieza o en una arandela intermedia (§ 34.12).

d	Paso	a	h	r	d	Paso	a	h	r
4	0,7	7	6	8	16	2	24	21	30
6	1	10	8	14	20	2,5	30	25	44
8	1,25	13	11	14	24	3	36	29	44
10	1,50	17	13	22	30	3,5	46	35	66
12	1,75	19	15	22	36	4	55	41	66
(14)	2	22	18	30					

Evitar el empleo de los diámetros entre paréntesis.

32■15 Tuercas almenadas

Se utilizan siempre que sea necesario conseguir de forma absoluta la inmovilización de la tuerca. Cuando tienen que ser desmontadas y vueltas a montar, se cambia el pasador V (§ 36.31).

d	a	h	g	m	d_1	d	a	h	g	m	d_1
4	7	5	1,2	3,2	–	(27)	41	30	5,5	22	38
5	8	6	1,4	4	–	30	46	33	7	24	42
6	10	7,5	2	5	–	(33)	50	35	7	26	46
8	13	9,5	2,5	6,5	–	36	55	38	7	29	50
10	17	12	2,8	8	–	(39)	60	40	7	31	55
12	19	15	3,5	10	17	42	65	44	9	34	60
(14)	22	16	3,5	11	19						
16	24	19	4,5	13	22						
(18)	27	21	4,5	15	25						
20	30	22	4,5	16	28						
(22)	32	26	5,5	18	30						
24	36	27	5,5	19	34						

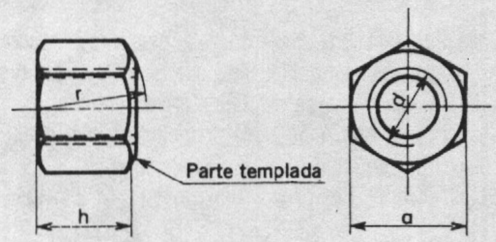
■ El mismo paso que la tuerca H.
■ Evitar el empleo de los diámetros entre paréntesis.

32■16 Tuercas cuadradas

Permiten un apriete muy importante con llave. Con relación a las tuercas hexagonales presentan la ventaja de que los cantos se redondean menos fácilmente cuando hay que montar y desmontar con frecuencia.
Ofrecen una superficie de apoyo importante (la cara de apoyo es la opuesta a la parte achaflanada).
Se utilizan mucho en construcción.

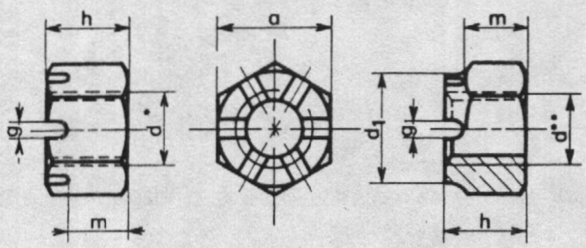
* Fabricante: Norelem.

TUERCA CON ASIENTO ESFÉRICO NF E 27-458

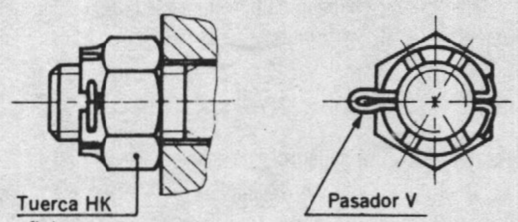


TUERCA ALMENADA NF E 27-414

Símbolo: HK Símbolo: HK aflojar

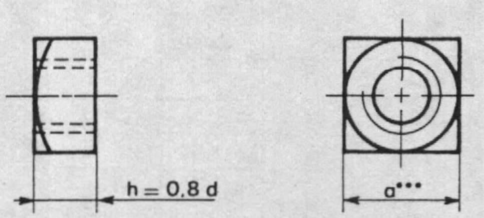


*Existe hasta diámetro d = 39 mm
**Existe solamente a partir de d = 12mm



TUERCA CUADRADA NF E 27-411

Símbolo Q



***Mismos valores que para la tuerca HK (cuadro 32-15).

32■17 Tuercas cilíndricas

Las mismas no permiten más que un débil apriete mediante una llave o un destornillador especiales.
Se emplean sobre todo en la industria eléctrica.

d	Paso	a	h	e	f	d	Paso	a	h	e	f
2,5	0,45	5	2,5	0,8	1	12	1,75	22	12	3,5	3,5
3	0.5	5	3	1	1	14	2	24	14	4	4
4	0,7	7	4	1,5	1,5	16	2	27	16	4	4
5	0,8	9	5	1,5	1,5	18	2,5	30	18	5	5
6	1	11	6	2	2	20	2,5	33	20	5	5
8	1,25	14	8	2,5	2,5	22	2,5	36	22	5	5
10	1,5	18	10	3	3	24	3	39	24	6	6

32■18 Tuercas «Pal»*

Estas tuercas no normalizadas se emplean:
- como tuercas de montaje a condición de no estar sometidas mas que a esfuerzos axiales bajos.
- como freno de tuercas (§ 36.21).

d	Paso	a	h	d	Paso	a	h	d	Paso	a	h
3	0,5	5,5	2	10	1,5	17	4	20	2,5	30	6
4	0,7	7	2,1	12	1,75	19	4,5	22	2,5	32	6
5	0,8	8	2,5	14	2	22	5	24	3	36	7
6	1	10	3	16	2	24	5	27	3	41	7
8	1,25	13	3,5	18	2,5	27	5,5	30	3,5	46	8

Materiales: Acero - Acero cadmiado - Acero cadmiado bicromatado.

32■2 Tuercas manejables a mano

Estas tuercas son interesantes por su **rapidez de maniobra,** sin herramienta especial. Sólo proporcionan un apriete bastante bajo, que depende de sus diferentes formas.

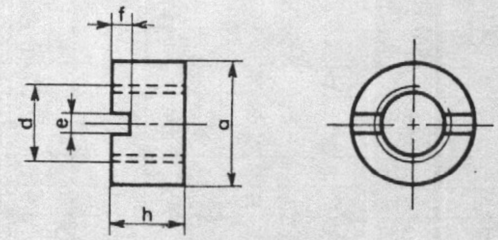
32■21 Tuercas de mariposa

La forma general depende de la fabricación (matrizado, embutición, etc.) pero se halla dentro del perfil definido por los puntos 1 a 6.

d	Paso	a	h	c	e	d	Paso	a	h	c	e
3	0,5	8	4	12	22	10	1,5	18	11	25	48
4	0,7	9	5	13	26	12	1,75	21	12	28	54
5	0,8	11	6	15	30	14	2	24	14	31	62
6	1	13	8	18	35	16	2	28	16	35	70
8	1,25	15,5	10	22	42	18	2,5	31	18	39	78

TUERCAS CILÍNDRICAS — NF E 27-413

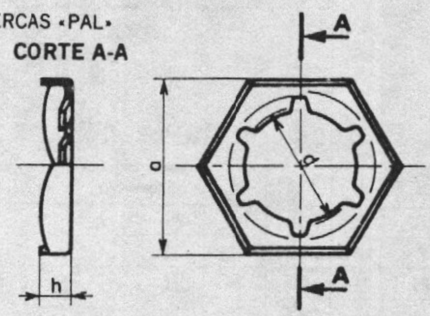
Símbolo C



TOLERANCIAS EN LA ALTURA DE LAS TUERCAS NF E 27-024						
Altura	hasta 3 inclusive	3 a 6 inclusive	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50
Tolerancia	+ 0,4 − 0,2	+ 0,6 − 0,3	+ 0,8 − 0,4	+ 1 − 0,5	+ 1,2 − 0,6	+ 1,4 − 0,7

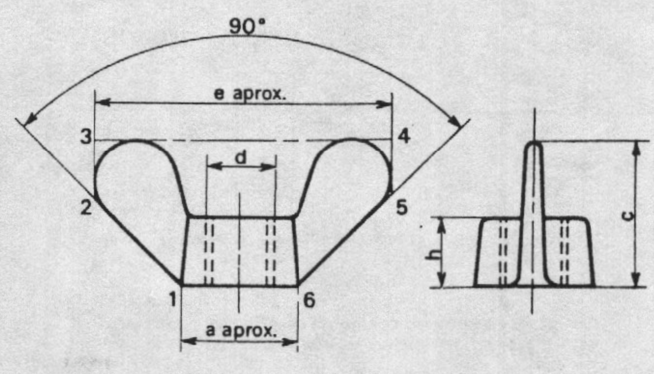
Ejemplo de designación dimensional de una tuerca normalizada: Tuerca H, M 10, NF E 27-11
El diámetro de roscado puede ir seguido eventualmente de la tolerancia de fabricación: calidad media: 6H - calidad basta: 7H.

TUERCAS «PAL»
1/2 **CORTE A-A**



TUERCAS DE MARIPOSA — NF E 27-454

Símbolo O



32■22 Cabezas «clavija de violín»

Este tipo de tuerca es poco utilizado.

d	Paso	H	D	C	e	g
6	1	14	22	9	2	1,5
8	1,25	18	29	11	3	2
10	1,5	22	36	14	4	3
12	1,75	26	42	16	5	3
14	2	30	50	19	6	4
16	2	34	55	22	7	4

Materiales: Acero E 30 matrizado o fundición maleable.

32■23 Tuercas moleteadas

d	Paso	D	H	d_1	e	h_1	h_2	g
4	0,7	16	9	10	—	6	1,5	1
6	1	24	14	16	—	10	2,5	1,5
8	1,25	30	17	20	10	12	3	2
10	1,5	36	20	26	12	14	3,5	3
12	1,75	44	24	34	14	18	3,5	3
14	2	52	30	40	18	23	4	4
16	2	60	36	46	22	28	5	4

Material: E 30.

32■24 Tuercas con travesaño**

d	Paso	D	H	d_1	e	h	g
8	1,25	40	25	16	19	7	2
10	1,5	50	30	20	22	8	3
12	1,75	60	35	24	26	9	3
14	2	70	40	28	31	11	4
16	2	80	45	32	35	13	4

Materiales: Acero E 30 matrizado o fundición maleable.

32■25 Tuercas de cuatro brazos**

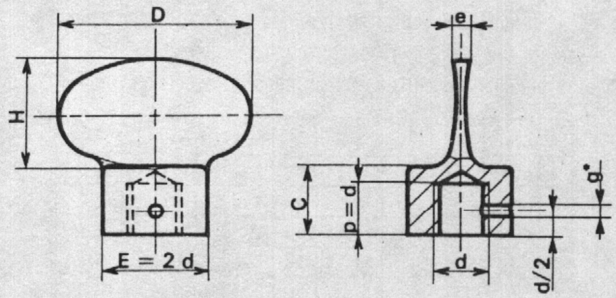
d	Paso	D	H	d_1	e	f	h	g
16	2	122	40	36	18	24	12	5
20	2,5	130	42	40	20	26	13	6
24	3	140	45	44	22	28	14	7

Materiales: Acero A 48 estampado o fundición maleable.

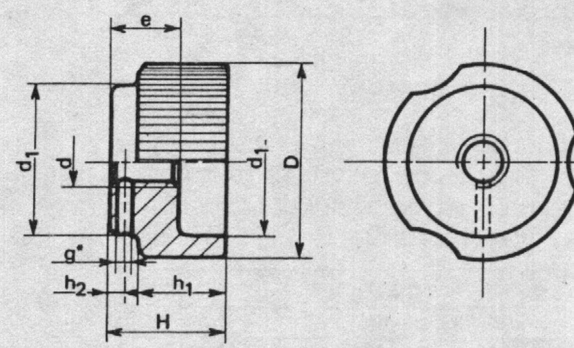
* **En el caso de fijación de la tuerca con el tornillo** mediante pasador, el agujero de salida se taladra a la vez que el del tornillo una vez montados el tornillo y la tuerca.

** Fabricante: Norelem.

CABEZAS «CLAVIJA DE VIOLÍN» NF E 27-209

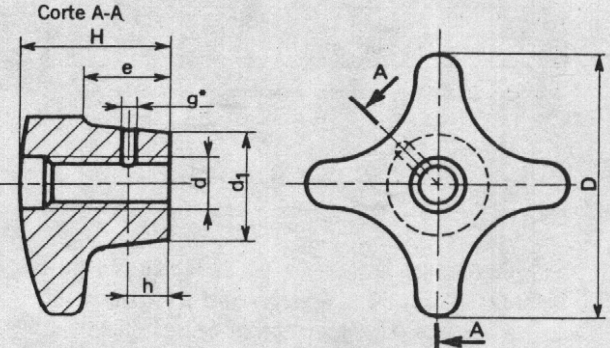


TUERCAS MOLETEADAS NF E 27-455

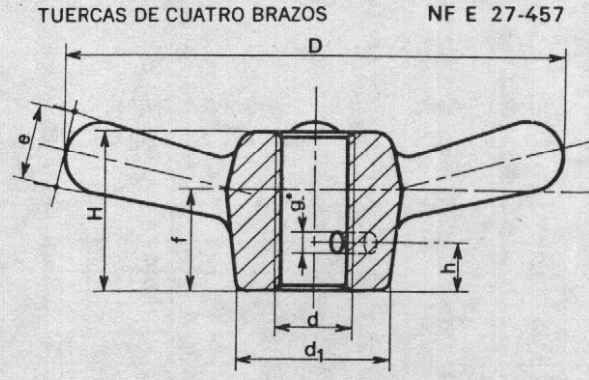


TUERCAS CON TRAVESAÑO NF E 27-456

Corte A-A



TUERCAS DE CUATRO BRAZOS NF E 27-457



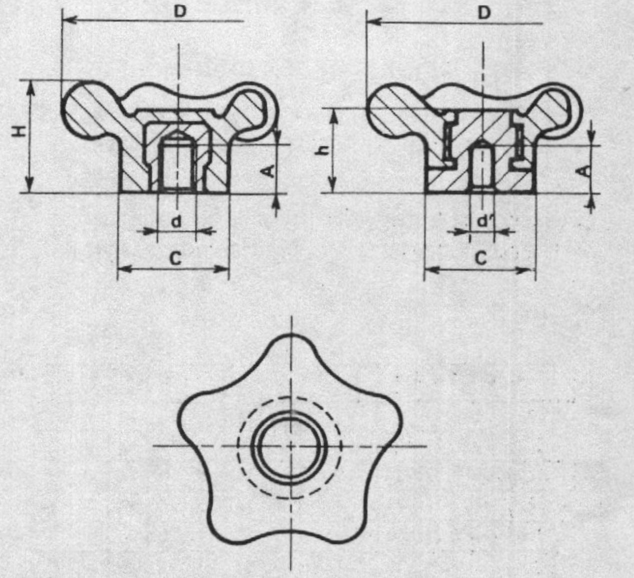
32■26 Tuercas «Étoile»

D	d × paso	A	h	H	C
30	4 × 0,70	6,5	12,4	16	16
	5 × 0,80	5,5			
	6 × 1	6,5			
40	5, agujero pasante	10	14,5	19	20
	5 × 0,80	10			
	6 × 1	9			
	8 × 1,25	8			
50	5, agujero pasante	10	18,2	23,75	24
	6 × 1	12			
	8 × 1,25	11			
60	8 × 1,25	11	22	28,5	28
	10 × 1,50	11			
70	10 × 1,50	14	24,25	32	31
	12 × 1,75	14			
80	10 × 1,5	14	26,5	35,5	34
	12 × 1,75	14			
	14 × 2	16			
100	12 × 1,75	14	30	41,5	40
	14 × 2	17			

Material: Baquelita en negro o rojo claro.

Núcleo de fundición roscado

Núcleo de fundición y agujero sin roscar

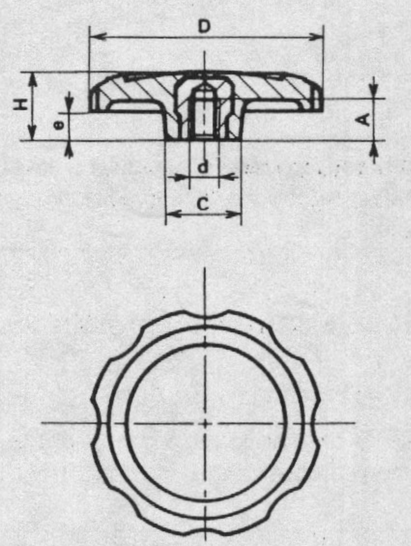


32■27 Tuercas «serie plana»*

D	d × paso	H	e	C	A
60	6 × 1	18	7,5	19,5	12
	8 × 1,25				11
	10 × 1,50*				13
70	6× 1	21	8,7	22,8	12
	8 × 1,25				11
	10 × 1,50				
	12 × 1,75*				15
80	8× 1,25	24	10	26	14
	10 × 1,50				
	12 × 1,75				

Material: Baquelita en negro o rojo claro. * Sin prisionero.

Núcleo de fundición roscado



32■3 Designación de una tuerca normalizada

EJEMPLOS:

■ Tuerca H, rosca métrica ISO de diámetro **d** = 10. No se indica el paso (1,5) bajo la forma M 10 × 1,5 mas que en caso de riesgo de confusión.

Tuerca H, M 10, NF E 27-411

■ Tuerca con travesaño, rosca métrica ISO de diámetro **d** = 10 (no existiendo símbolo, se designa el tipo de tuerca por su nombre).

Tuerca de travesaño, M 10, NF E 27-456

* Fabricante: R. Boutet.

32■4 Palancas de bloqueo

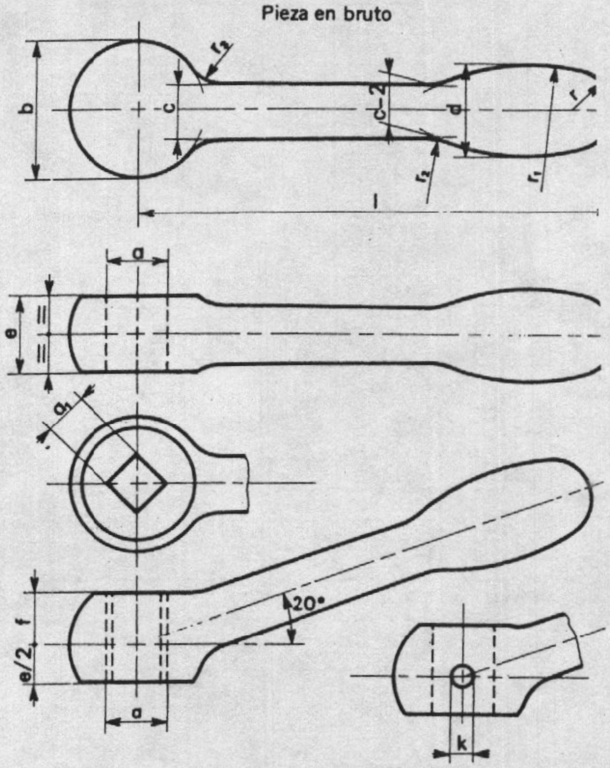
Estas palancas permiten un apriete muy enérgico.

32■41 Palancas normalizadas

A partir de una misma pieza en bruto se obtienen dos tipos de palancas: palancas rectas y palancas inclinadas.

Hay previstas tres posibilidades de acoplamiento: cuadrado, cilíndrico roscado y cilíndrico sin roscar con pasador.

PALANCA DE BLOQUEO NF E 21-41:



l	b	c	d	f	r	r_1	r_2	r_3	e	a max	a_1 max	k
63	18	9	12	7	5	30	17	3	10	10	7	2
80	22	11	16	9	6,5	37,5	24	6	13	12	9	2,5
100	27	13	20	11	8	44	34	8	16	12	10	3
125	36	16	24	14	10	60	34	10	20	16	12	4
160	45	21	30	18	12	66	51	14	25	24	19	5
200	56	24	36	22	15	90	51	21	32	30	23	6

Ejemplo de designación dimensional de una palanca inclinada de longitud l = 200, acoplamiento roscado **a** = M20.

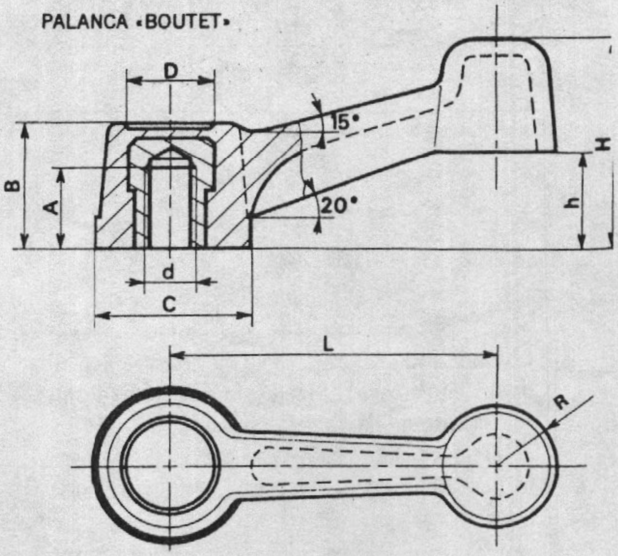
Palanca inclinada de 200, roscado M 20, NF E 21-412

32■42 Palancas no normalizadas

32■421 Palancas «Boutet»

Son palancas en baquelita (negra o rojo claro) con una tuerca metálica insertada en el moldeo.

PALANCA «BOUTET»



<table>
<tr><th>d</th><th>Paso</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>H</th><th>h</th><th>R</th><th>L</th></tr>
<tr><td>6</td><td>1</td><td>12</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">33</td><td rowspan="2">15,5</td><td rowspan="2">9</td><td rowspan="2">50</td></tr>
<tr><td>8</td><td>1,25</td><td>11</td></tr>
<tr><td>10</td><td>1,5</td><td rowspan="2">14</td><td rowspan="2">26</td><td rowspan="2">31</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">43,1</td><td rowspan="2">20,1</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">65</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1,75</td></tr>
<tr><td>8</td><td>1,25</td><td>14</td><td rowspan="4">34</td><td rowspan="4">40,6</td><td rowspan="4">25</td><td rowspan="4">56</td><td rowspan="4">26,4</td><td rowspan="4">16</td><td rowspan="4">85</td></tr>
<tr><td>10</td><td>1,5</td><td>22</td></tr>
<tr><td>12</td><td>1,75</td><td>21</td></tr>
<tr><td>14</td><td>2</td><td>24</td></tr>
<tr><td>18</td><td>2,5</td><td>28</td><td>45</td><td>53</td><td>33</td><td>73</td><td>34,1</td><td>20</td><td>110</td></tr>
</table>

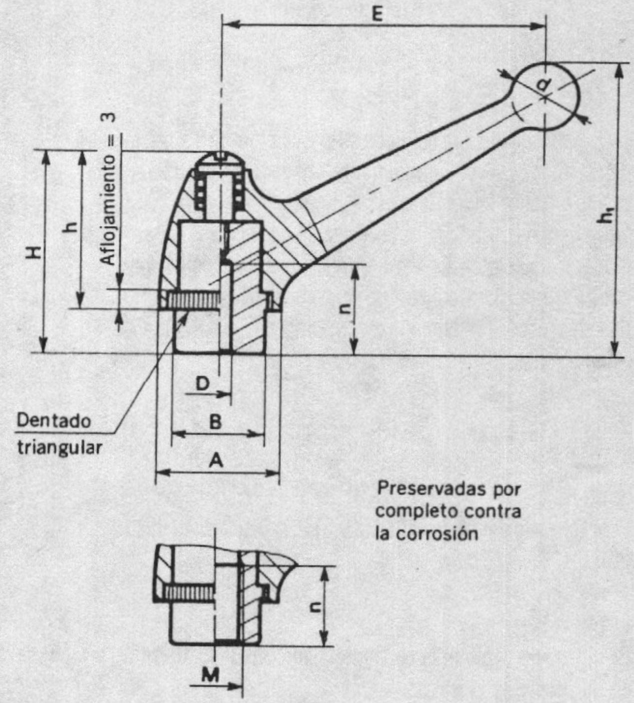
32■422 Palancas posicionales «Jaccard»

Estas palancas tienen la ventaja de permitir, previo desbloqueo, una **regulación angular** cualquiera de la empuñadura, en relación con la tuerca.
Se distinguen dos tipos de palancas:
- de taladro sin roscar,
- de taladro roscado.

El precio de venta es relativamente módico (alrededor del doble de una palanca corriente).

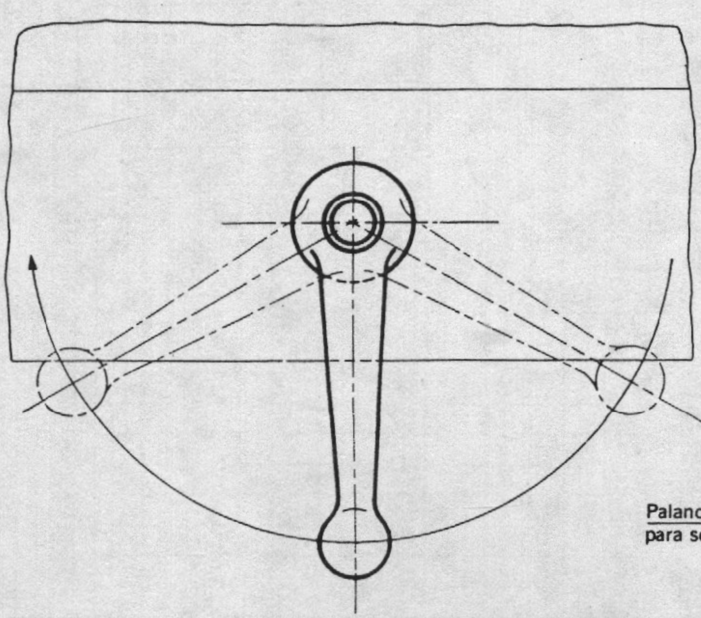
D	E	A	B	H	h	h_1	d	n	°M
3,5	35	16,5	9,5	24	18,5	30	8	8	M 4
								10	M 5
4	50	18,5	11,7	34,5	24,5	52	12	10	M 6
								12	M 8
6	70	26	19,5	46,5	34,5	68	18	14	M 10
								20	M 12
6	85	32	24	54	42	80	18	22	M 14
								24	M 16

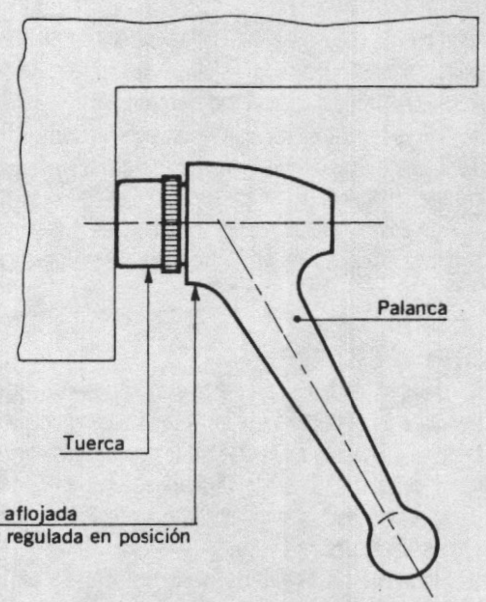
PALANCA POSICIONABLE «JACCARD



Fabricante: **Norelem**

EJEMPLO DE EMPLEO:





33 Pernos y espárragos metálicos

33■1 Pernos

Un perno se compone de un tornillo y una tuerca del mismo diámetro. La tuerca normalmente utilizada es una **tuerca H.** Las piezas a ensemblar están simplemente provistas de taladros sin roscar. De esta forma se obtiene una ensembladura económica de varias piezas por presión de unas contra otras. Para conseguir un apriete eficaz, los tornillos deben quedar inmovilizados en lo que a rotación se refiere (cabeza H, cabeza Q, o con tope).

33■11 Principales tipos de pernos

33■111 Perno de cabeza hexagonal

Está formado por un tornillo H (§ 31.11) y de una tuerca H (§ 32.11): ver figura 1.

APLICACIÓN:
Es el tipo de perno más corrientemente utilizado. Permite un apriete muy eficaz.

33■112 Pernos de cabeza hexagonal con resalte cilíndrico de elevada resistencia

Este tipo de perno está destinado a ensamblar piezas que requieren un importante esfuerzo de apriete, llamado «esfuerzo de tensión previa». Se compone:

■ de un tornillo de elevada resistencia, de calidad 8.8 ó 10.9 (ver tabla inferior), de cabeza hexagonal con un resalte cilíndrico.

■ de dos arandelas planas achaflanadas y de elevada resistencia, de calidad 8 ó 10 (mismas dimensiones que la tuerca H).

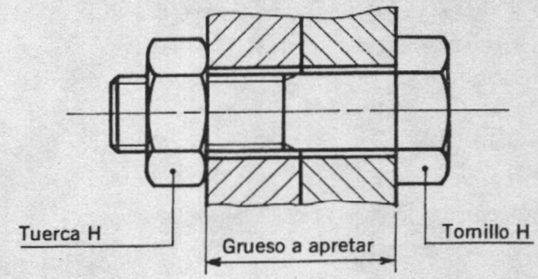
TIPOS DE CALIDAD

■ Para el tornillo, el primer número corresponde sensiblemente a la décima parte de la resistencia mínima a la tracción expresada en hectobars (o decanewton por milímetro cuadrado). El producto de la segunda cifra por la primera da sensiblemente el límite aparente de elasticidad en hectobars.

■ **Una tuerca acoplada a un tornillo de calidad idéntica (8 ó 10) resiste hasta la rotura del tornillo.**

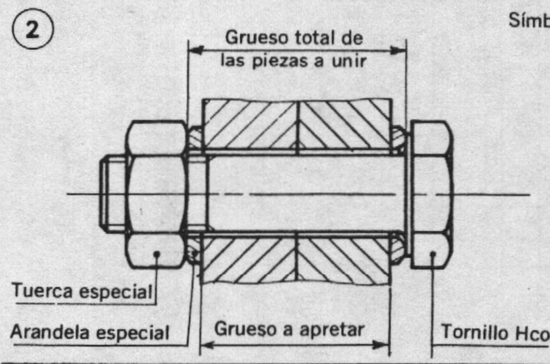
PERNO DE CABEZA HEXAGONAL **NF E 27-311**

Símbolo: H



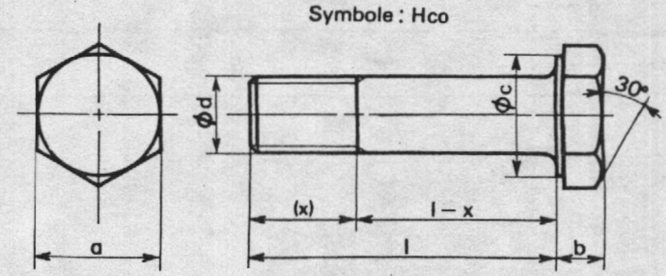
PERNO
DE CABEZA HEXAGONAL CON RESALTE CILÍNDRICO **NF E 27-711**

Símbolo: Hr



TORNILLO
DE CABEZA HEXAGONAL CON RESALTE CILÍNDRICO NF E 27-711

Symbole : Hco

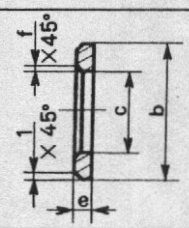


d	Clase de calidad	Pas	a	b	c min
16	8,8	2	24	10	23
	10,9		27		26
18	8,8	2,5	27	12	26
	10,9		30		29
20	8,8	2,5	30	13	29
	10,9		32		31
22	8,8	2,5	32	14	31
	10,9		36		35
24	8,8	3	36	15	35
	10,9		41		40
27	8,8	3	41	17	40
	10,9		46		45

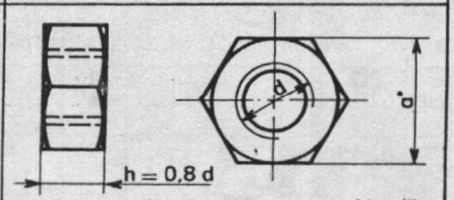
Grueso a unir		DIÁMETRO D DEL TORNILLO											
		16		18		20		22		24		27	
de	a	l	x	l	x	l	x	l	x	l	x	l	x
14	18	45											
19	23	50		50		55							
24	28	55	26	55		60		60					
29	33	60		60		65		65		65		70	
34	38	65		65	27	70	31	70	32	70		75	
39	43	70		70		75		75		75	34	80	
44	48	75		75		80		80		80		85	37
49	53	80		80		85		85		85		90	
54	58	85		85		90		90		90		95	
59	63	90	28	90		95	33	95	34	95	37	100	39
64	68	95		95	29	100		100		100			
69	73	100		100								110	39
74	78	105				110	33	110	34	110	37		
79	83			110	29							120	39
84	88					120	33	120	34	120	37		
89	93			120	29							130	39
94	98					130	33	130	34	130	37		
99	103											140	39
104	108									140	37		
109	113											150	39
114	118									150	37		
119	123											160	39

ARANDELAS

d tornillo	b	c	e	f
16	30	17	3	
18	34	19		1.6
20	36	21	4	
22	40	23		
24	44	25		2
27	50	28	5	2.5



TUERCAS



* Mismas cotas que para el tornillo.

33■113 Perno de cabeza cuadrada

PERNO DE CABEZA CUADRADA Símbolo Q **NF E 27-311**

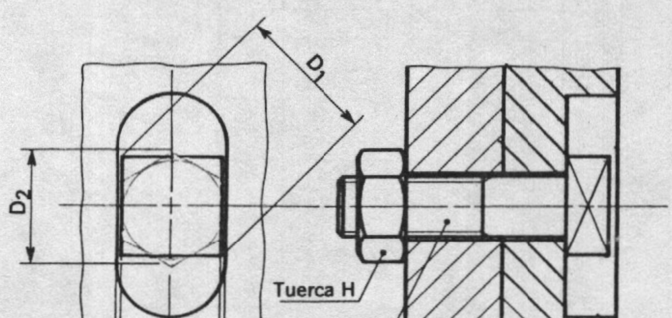
Este perno se compone de un tornillo Q (§ 31.11) y de una tuerca H (§ 32.11).

APLICACIONES:

Se utiliza principalmente como perno con cabeza «embutida». La cabeza queda inmovilizada en un alojamiento paralelepípedo que ya viene de fundición, o en una ranura mecanizada. La cabeza Q tiene sobre la cabeza H la ventaja de asegurar una inmovilización en sentido giratorio con tolerancias más amplias sobre la cota L (mayor distancia entre vértices).

Este perno es el utilizado en las ranuras en T de los platos de las máquinas herramientas.

Dimensiones de las ranuras en T § 51.2.



$D_1 = a\sqrt{2} \approx 1{,}414\ a$ $D_1 > D_2$

$D_2 = \frac{2a}{\sqrt{3}} \approx 1{,}155\ a$

33■114 Pernos de cabeza cilíndrica

d	Paso	a	b	e	l	x
6	1	10	3	2		
8	1,25	14	4	2,5		
10	1,50	17	5	3		
12	1,75	21	6	3,5		
14	2	23	7	4		
16	2	26	8	4		
18	2,5	29	9	5	Ver cuadro página 121	
20	2,5	32	10	5		
22	2,5	35	11	5		
24	3	38	12	6		
27	3	42	13,5	6		
30	3,5	46	15	7		
33	3,5	50	16,5	7		
36	4	54	18	8		

APLICACIONES:
Las cabezas de estos pernos generalmente van embutidos en el interior de un avellanado cilíndrico.
El alojamiento del prisionero es de ejecución delicada:
- el del prisionero matrizado puede ejecutarse con cincel,
- el del prisionero torneado adicional puede ser mecanizado con fresa de dos cortes.

33■115 Pernos de cabeza redonda

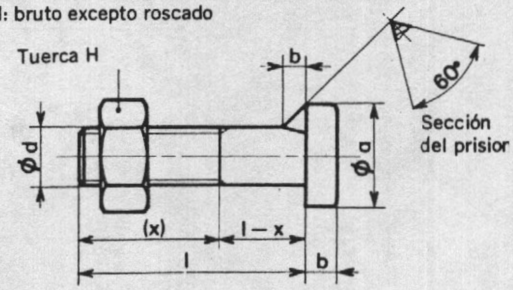
d	Paso	a	b	f	e	l	x
4	0,7	7	3	2	—		
5	0,8	9	4	2,5	—		
6	1	11	4,5	3	2		
8	1,25	14	5,5	4	2,5		
10	1,5	17	7	5	3		
12	1,75	21	8	6	3,5		
14	2	24	10	7	4		
16	2	28	11	8	4	Ver cuadro página 121	
18	2,5	31	12	9	5		
20	2,5	34	14	10	5		
22	2,5	38	16	11	5		
24	3	41	17	12	6		
27	3	46	19	13,5	6		
30	3,5	51	21	15	7		
33	3,5	56	23	16,5	7		
36	4	61	25	18	8		

APLICACIONES:
Estos pernos son utilizados en construcción metálica (mismo aspecto que los remaches de cabeza redonda), y en construcción mixta-metal.

PERNOS DE CABEZA CILÍNDRICA — NF E 27-312

Prisionero forjado — Símbolo CE

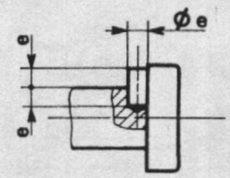
Acabado N: bruto excepto roscado



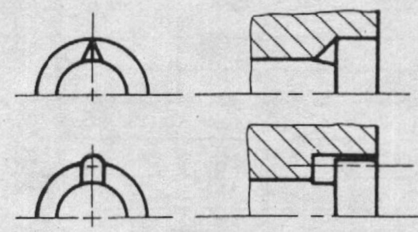
Prisionero adicional

Acabado T: semifino

Acabado U: fino



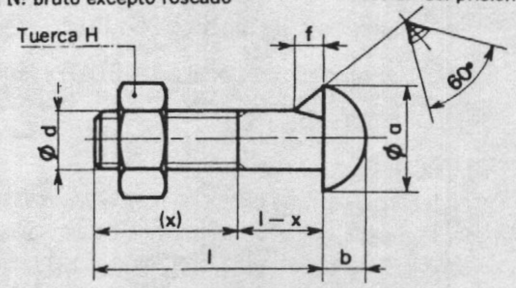
Alojamiento del prisionero



PERNO DE CABEZA REDONDA — NF E 27-313

Prisionero forjado — Símbolo: RE

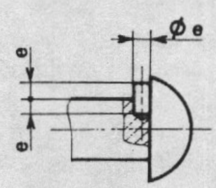
Acabado N: bruto excepto roscado — Sección del prisionei



Prisionero adicional

Acabado T: semifino

Acabado U: fino



33■116 Pernos de cabeza avellanada

d	Paso	a	b	c	e	l y x
4	0,7	8	2	1	1,5	
5	0,8	10	2,5	1,25	1,8	
6	1	12	3	1,5	2	
8	1,25	16	4	2	2,5	
10	1,5	20	5	2,5	3	
12	1,75	24	6	3	3,5	
14	2	28	7	3,5	4	Ver cuadro página 121
16	2	32	8	4	4	
18	2,5	36	9	4,5	5	
20	2,5	40	10	5	5	
22	2,5	44	11	5,5	5	
24	3	48	12	6	6	
27	3	54	13,5	6,75	6	
30	3,5	60	15	7,5	7	
33	3,5	66	16,5	8,25	7	
36	4	72	18	9	8	

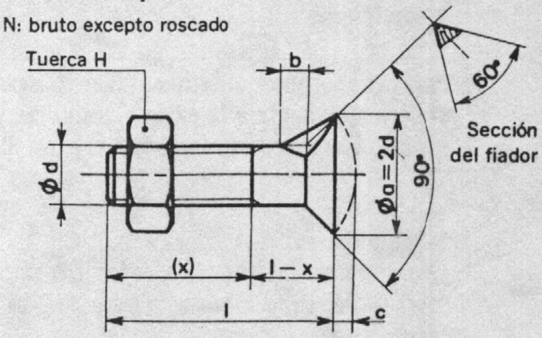
APLICACIONES:
La cabeza avellanada puede ser embutida dentro de las piezas.

PERNO DE CABEZA AVELLANADA — **NF E 27-314** — Símbolo : **F/90 E**

PERNO DE CABEZA AVELLANADA BOMBEADA — **NF E 27-314** — Símbolo : **FB/90 E**

Fiador procedente de forja

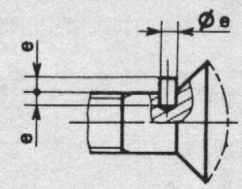
Acabado N: bruto excepto roscado



Fiador adicional

Acabado T: semifino

Acabado U: fino



33■12 Designación dimensional

EJEMPLOS:

- Perno de cabeza avellanada bombeada con fiador bruto, rosca métrica ISO, de diámetro **d** = 10 y de longitud **l** = 50, acabado semifino, con tuerca **H**.

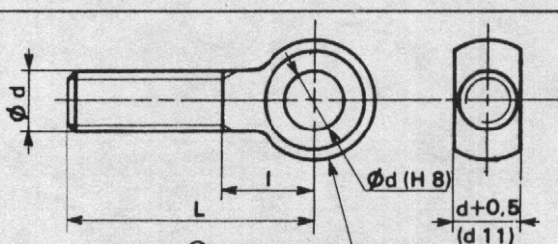
  Perno $\frac{FB}{90}$ E, M 10-50 T, NF E 27-314, **tuerca H**

- Perno de elevada resistencia, de calidad 10.9, con cabeza hexagonal con collarín, de diámetro **d** = 22 y de longitud **l** = 65, acabado semifino.

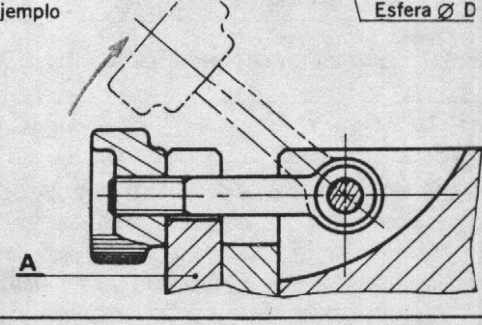
  Perno Hr 10.9 Hco M 22-65 T, E 27-711

33■13 Perno con ojal*

Este perno permite un desmontaje rápido de la pieza A, previo aflojar parcialmente la tuerca moleteada y bascular el perno (ver figura). El montaje y bloqueo se efectúa con la misma rapidez.



Ejemplo



d	D	l	L	d	D	l	L	d	D	l	L
6	14	14,5	50	10	20	25	75	14	28	25	75
		30	75			50	100			50	100
8	18	14,5	50	12	25	25	75			55	125
		30	75			50	100	16	31,5	45	125
10	20	14,5	50			55	125				

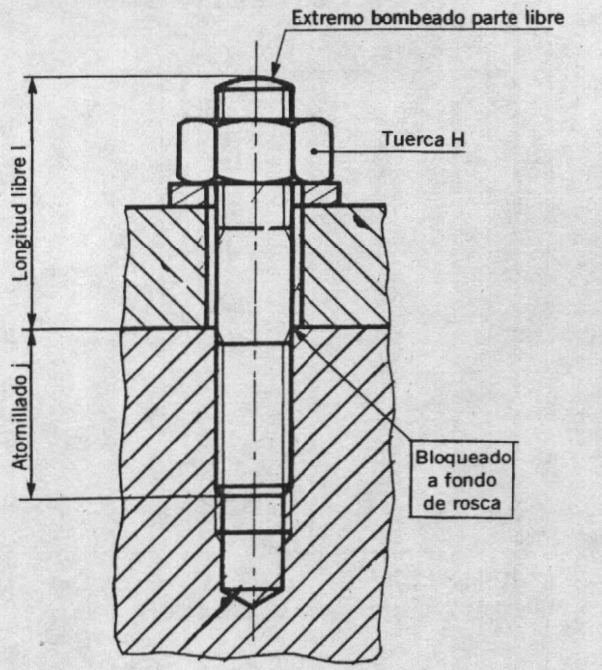
Material: XC 38 f bruni.

* Fabricante: Norelem.

33■2 Espárragos NF E 27-241

Un espárrago se compone de un vástago roscado por sus dos extremos y de una tuerca del mismo diámetro. **Entre ambas partes roscadas debe haber siempre una porción lisa.**

Para evitar errores, el extremo plano es siempre el correspondiente a la parte a atornillar, y el extremo bombeado corresponde a la parte libre.



APLICACIONES:

Los espárragos se utilizan en lugar de tornillos, cuando el metal de la pieza es poco resistente, o cuando es necesario desmontar con frecuencia.

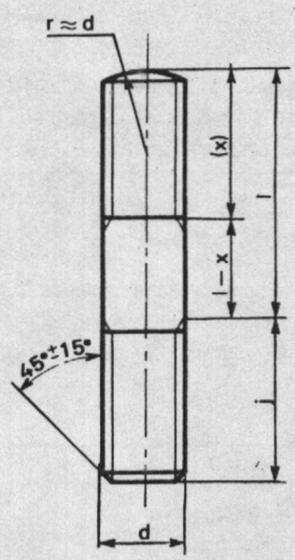
Los espárragos con tuerca pueden reemplazar los pernos cuando las piezas a ensamblar tienen mucho espesor.

d	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16
Paso	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
d	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36	(39)
Paso	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4

Evitar el empleo de valores entre paréntesis.

ESPÁRRAGOS NF E 27-241

Acabados N: en bruto excepto roscado – T: semifino –U: fino



Valores de la implantación j
Metales duros j = 1,5 d   Metales blandos j = 2 d

La longitud l-x se elige en función del espesor a unir.

Longitud l (evitar el empleo de valores entre paréntesis)									
3	6	12	(18)	25	35	50	65	80	100
4	8	14	20	(28)	40	55	70	85	110
5	10	16	(22)	30	45	60	75	90	120
ATENCIÓN	La longitud l no es la longitud total del espárrago.								

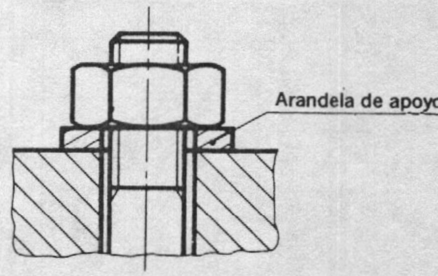
Ejemplo de designación dimensional de un espárrago de diámetro **d** = 10, rosca métrica ISO, longitud libre **l** = 50, longitud roscada **x** = 26, acabado semifino **T**, parte atornillada en acero (**j** = 1,5 **d** = 15):

Espárrago M 10-50/26 T, j = 15, NF E 27-241

34 Arandelas de apoyo

Las arandelas de apoyo son piezas cilíndricas taladradas. Generalmente se sitúan entre la tuerca (o la cabeza del tornillo) y la pieza a unir.
A la vez que evitan que la pieza se raye, aumentan la superficie de apoyo de la tuerca. Algunas además permiten:

- la inmovilización de los tornillos y de las tuercas (capítulo 36),
- la estanqueidad (capítulo 44).

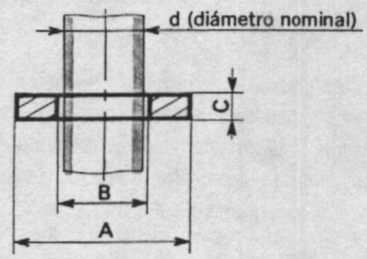


34.1 Distintos tipos

34.11 Arandelas planas

d	A				B		C
	Tipo				Acabado		
	Z	M	L	LL	U	N	
2,5	5	7	10	12	2,7	–	0,5
3	6	8	12	14	3,25	3,5	0,8
4	8	10	14	16	4,25	4,5	0,8
5	10	12	16	20	5,25	5,5	1
6	12	14	18	24	6,25	7	1,2
8	16	18	22	30	8,25	9	1,5
10	20	22	27	36	10,25	11	2
12	24	27	32	40	12,50	14	2,5
14	27	30	36	45	14,50	16	2,5
16	30	32	40	50	16,5	18	3
18	32	36	45	56	19	20	3
20	36	40	50	60	21	22	3
22	40	45	55	65	23	24	3
24	45	50	60	70	25	27	4
27	48	55	65	75	28	30	4
30	52	60	70	80	31	33	4
33	–	65	75	85	34	36	5
36	–	70	80	90	37	39	5

ARANDELA PLANA NF E 27-611



ARANDELAS PLANAS NF E 27-611				
Tipo	Estrecho	Medio	Ancho	Muy largo
Símbolo	Z	M	L	LL
Acabado de preferencia	U	U o N	U o N	N
U: arandela precisa (mecanizada)			N: arandela en bruto	

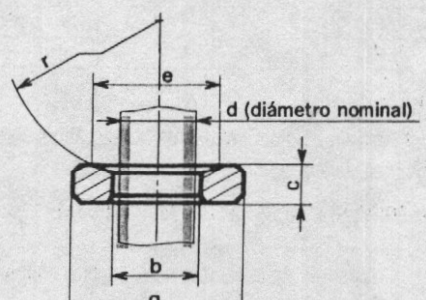
TOLERANCIAS SOBRE C			
Acabado U	C ⩽ 3 : j_s 13 C > 3 : j_s 14	Acabado N	C ± 10 %

34.12 Arandelas de apoyo esférico

Empleadas con tornillos de apoyo esférico (§ 32.14).

d	a	b	c	e	r	d	a	b	c	e	r
4	10	5	3	7	8	16	36	19	8	26	30
6	14	7	4	10	14	20	45	24	10	32	44
8	20	10	5	14	14	24	55	28	10	38	44
10	24	12	6	17	22	30	65	35	12	46	66
12	27	14	7	21	22	36	75	42	14	54	66
14	30	16	8	23	30	Acero tratado HRC ≥42					

ARANDELA DE APOYO ESFÉRICO NF E 27-615



NOTA. Para simplificar la fabricación, la superficie esférica de radio r se sustituye con frecuencia por una superficie cónica próxima.

34■13 Arandelas abiertas cambiables

d	D	d_1	d_2	E	e_1	e_2
4	16	4,25	12	6	0,75	5,25
6	22	6,25	16	8	1	7
8	28	8,25	20	9	1,25	7,75
10	34	10,25	25	10	1,50	8,50
12	40	12,5	30	11	1,75	9,25
14	48	14,5	33	12	2	10
16	56	16,5	37	13	2	11
20	64	21	45	14	2,5	11,5
24	74	25	55	16	3	13
30	88	31	65	18	3	15
36	100	37	75	20	3	17

Estas arandelas permiten el desmontaje de una pieza sin que sea necesario sacar la tuerca. En efecto, después de aflojar la tuerca algo más de una vuelta, se puede retirar la arandela y desmontar la pieza **A**. Se emplean especialmente en utillajes de mecanización.

34■14 Arandelas abiertas pivotantes

d	a	d_1	R	e	r
4	13	4,25	8	6	6
6	19	6,25	11		
8	21	8,25	14	10	8
10	23	10,25	17		
12	29	12,5	20		
14	31	14,5	24	14	10
16	33	16,5	28		
20	35	21	32		
24	45	25	37		
30	51	31	43	20	12
36	57	37	50		

d	p	t	v	y	q	x	s
4	4	10	5	1	6	8	6
6 a 10	6	14	6	1,6	10	10	8
12 a 20	8	18	7	2	14	12	10
24 a 36	10	22	9	2,5	20	15	12

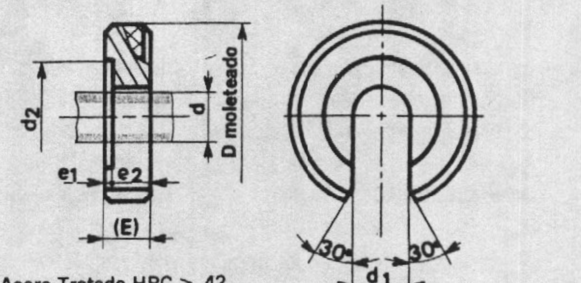
APLICACIONES:

Mismas aplicaciones que las arandelas anteriores, con la salvedad de que quedan unidas a la pieza **A**.

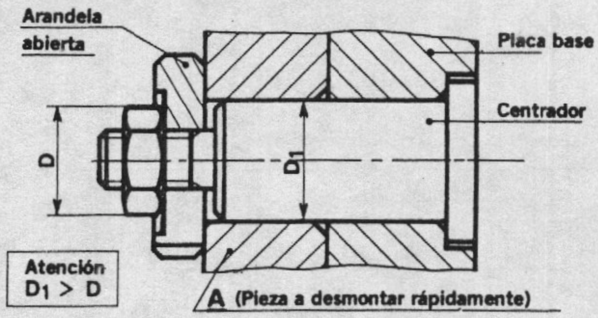
Ejemplos de designación dimensional:

■ Arandela mecanizada, serie media, diámetro nominal **d** = 10:	**Arandela M 10 U,** NF E 27-611
■ Arandela abierta pivotante, diámetro nominal **d** = 10, y su tornillo, de medida **p** = 6:	**Arandela abierta pivotante 10,** NF E 27-617 **Tornillo 6,** NF E 27-169

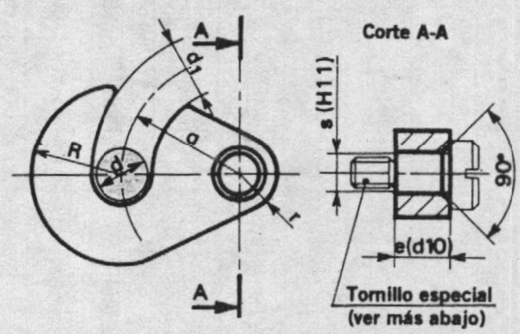
ARANDELA ABIERTA CAMBIABLE NF E 27-616



Acero Tratado HRC ≥ 42

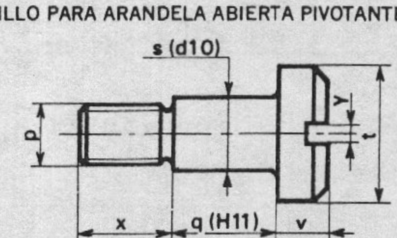


ARANDELA ABIERTA PIVOTANTE NF E 27-617



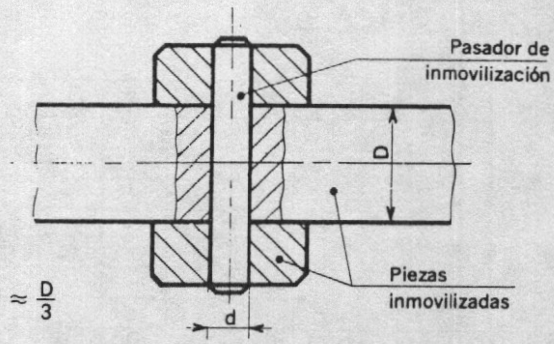
Acero tratado HRC ⩾ 42

TORNILLO PARA ARANDELA ABIERTA PIVOTANTE NF E 27-169



Acero clase 6,8 tratado HRC ⩾ 42

35 Pasadores

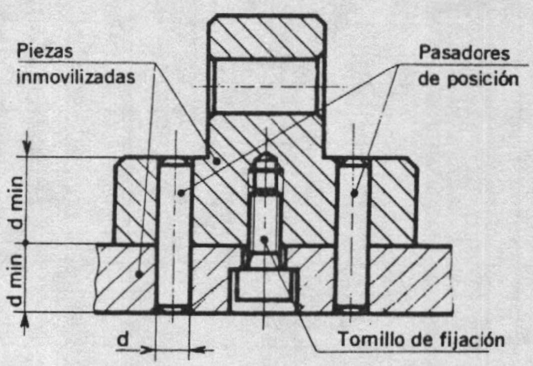


Un pasador es una varilla metálica. Sirve para:

- inmovilizar una pieza en relación con otra (pasador de sujeción),
- asegurar la posición relativa de dos piezas (pasador de posición).

RECOMENDACIONES PARA SU EMPLEO:
Para facilitar el mecanizado y el desmontaje, **el agujero normalmente es pasante.**

Se utiliza un solo pasador de posición (si existe además otro centraje) o a lo sumo dos, nunca en mayor número.



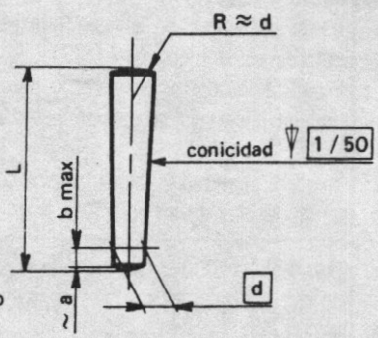
35■1 Pasadores normalizados

35■11 Pasador cónico

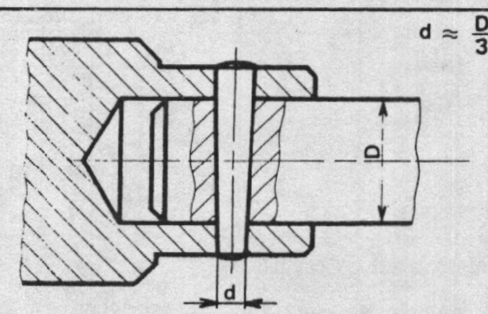
d	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3
a	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4
b	2	2	2	2	2	2	2	2
L	4 a 8	5 a 12	6 a 16	6 a 20	8 a 25	10 a 35	10 a 35	12 a 45
L*	6	10	12	14	16	20	25	30
d	4	5	6	8	10	12	14	20
a	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5
b	2,4	2,4	2,4	2,9	2,9	3,5	3,5	4,2
L	14 a 55	20 a 60	20 a 90	20 a 140	25 a 160	30 a 180	35 a 200	40 a 200
L*	40	50	65	80	100	120	140	150

*Longitudes recomendadas

PASADOR CÓNICO NF E 27 – 490
Símbolos
NR: no rectificado
R: rectificado



Acero no templado



APLICACIONES:
Inmovilización sobre un eje de casquillos, tuercas, empuñaduras, etc.

OBSERVACIONES:

- El alojamiento del pasador se mecaniza cónico una vez ensambladas las dos piezas.
- Los pasadores son de acero, sin aleación específica, sin templar.

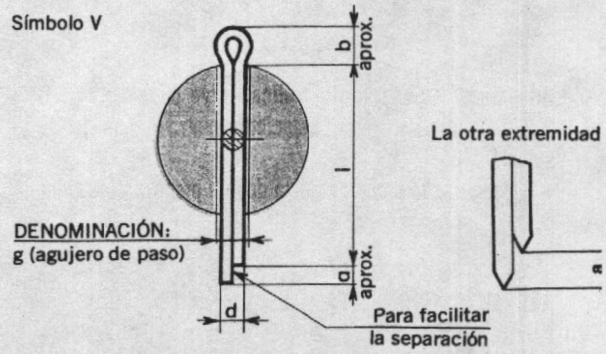
Ejemplo de designación dimensional de un pasador cónico rectificado de cotas **d** = 5 y **L** = 50: **Pasador R 5 × 50,** acero, **NF E 27-490**

35■12 Pasadores de aletas

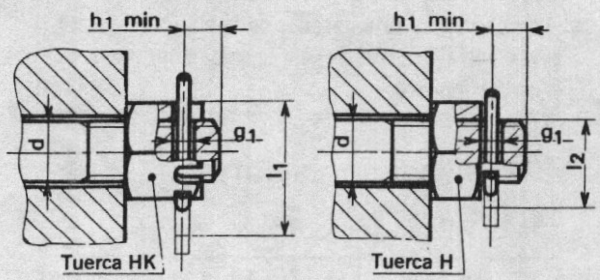
g	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5
d	0,45	0,60	0,80	1	1,20	1,60	2
a	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	2,5
b	2,5	2,8	3,2	3,6	4	4,5	5
l min	4	5	8	8	10	12	14
	5	6	10	10	12	14	18
	6	8	—	12	14	18	25
	8	—	—	—	16	—	—
g	**3,2**	**4**	**5**	**6,3**	**8**	**10**	**13**
d	2,70	3,5	4,4	5,6	7,3	9,3	12,2
a	4	4	4	4	4	6,3	6,3
b	6,3	8	10	13	16	20	25
l min	22	22	28	36	40	45	71
	25	28	36	50	63	56	80
	28	32	40	56	71	90	100
	32	36	45	63	80	100	112
	—	40	50	71	90	112	—
	—	—	56	80	100	125	—
	—	—	—	—	112	140	—
ATENCIÓN	La longitud l no es la longitud total						

PASADOR DE ALETAS — NF E 27-487

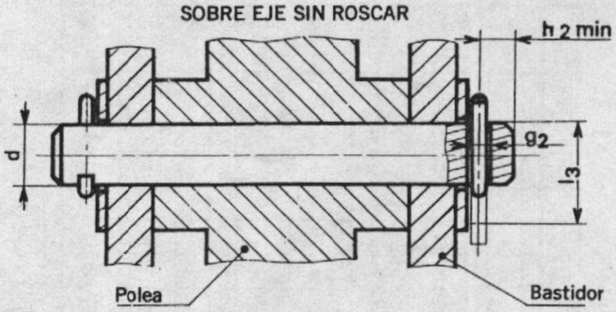
Símbolo V



A TRAVES DE TUERCA — DETRÁS DE LA TUERCA



SOBRE EJE SIN ROSCAR



APLICACIONES:

- Estos pasadores se utilizan principalmente como inmovilizadores de tuercas (§ 36.31).
La inmovilización por pasador después de la tuerca implica una posición axial precisa para el taladro (empleo a evitar).
- También permiten la inmovilización en el sentido de traslación de ejes de articulación.

DIMENSIONES DE LAS ENSAMBLADURAS – LONGITUDES NECESARIAS PARA LOS PASADORES (NF E 27-488)

	d	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36
Taladro	g_1	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3,2	3,2	4	4	4	5	5	5	6,3	6,3	6,3
	g_2	—	1,2	2	2	2,5	2,5	4	4	5	5	6,3	6,3	6,3	8	8	10	10	10
	h_1	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3	3,5	3,5	4	4	4	5	5	5	6,3	6,3	6,3
	h_2	—	1,6	2,5	2,5	3	3	4	4	5	5	7,5	7,5	8,5	7,5	8,5	9,5	9,5	9,5
Pasador	l_1	8	8	10	12	14	18	25	28	32	36	40	40	45	50	56	63	71	71
	l_2	4	5	8	8	10	14	18	22	25	28	28	32	36	40	40	50	50	56
	l_3	—	8	12	12	14	14	22	22	28	28	36	36	36	40	40	45	45	56

Materiales: ver capítulo 37.

Ejemplo de designación dimensional de un pasador cilíndrico hendido, denominación **g** = 6,3 (**d** = 5,6) y de longitud **l** = 71.

Pasador V 6,3-71, NF E 27-487

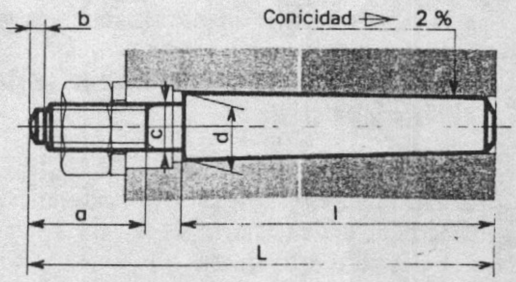
35■13 Pasadores cónicos de posición

d	6	8	10	12	16	20
l	30	40	45	55	65	75
a	15	15	20	30	35	45
b	1,5	2	3	3	4	5
c	4	6	8	10	12	16
	(45)	(55)	(65)	(85)	(100)	(120)
L	50	60	75	100	120	140
	(55)	(65)	(85)	(120)	(140)	(160)

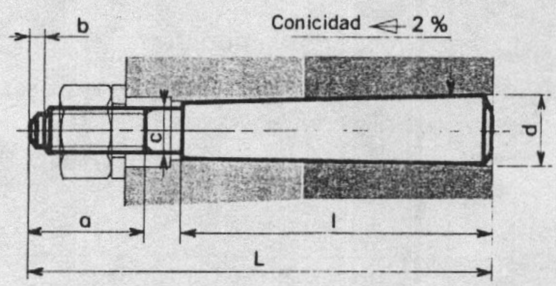
Evitar el empleo de longitudes entre paréntesis

PASADORES DE POSICIÓN CÓNICOS NF E 27-482

Tipo A



Tipo B



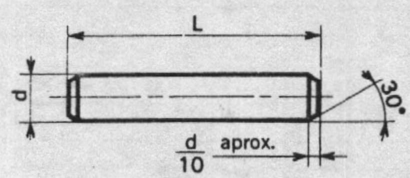
APLICACIONES:
Estos pasadores aseguran una **elevada precisión** en la posición relativa de ambas piezas.
Tipo A: pasador de uso corriente (desmontaje por tuerca).
Tipo B: utilizado en piezas sometidas a vibraciones (bloqueo por tuerca).

Ejemplo de designación dimensional de un pasador de posición, tipo **A,** de medida **d** = 10 y **L** = 75: **Pasador de posición A 10-75** NF E 27-482

35■2 Pasadores no normalizados

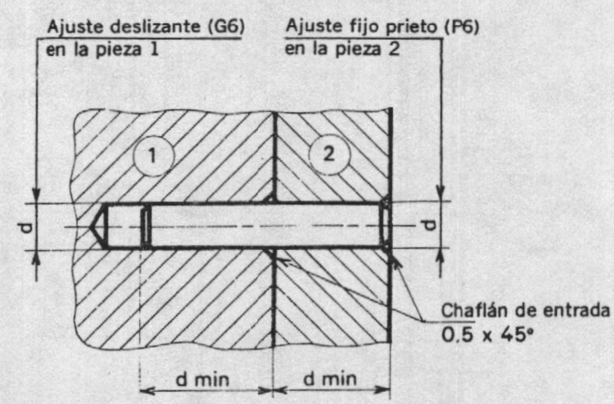
35■21 Pasadores cilíndricos

Estos pasadores se obtienen en general a partir de acero calibrado «Stubs» (tolerancia: 0; –0,01), cortándolos a la longitud deseada. Estos pasadores también se llaman «tetones de centraje».



APLICACIONES:
Se emplean tanto como pasadores de inmovilización como de posición (ver de nuevo el principio del capítulo).

OBSERVACIONES:
■ Si el agujero en una de las piezas es ciego, elegir los ajustes como se indica en la figura contigua, para poder extraer fácilmente el pasador.
■ **Un agujero ciego en ambas piezas es del todo excepcional.** En particular presenta el inconveniente de no permitir el contrataladro*.
■ Para facilitar el mecanizado, **evitar los taladros para pasadores largos y de poco diámetro.**



*Ver léxico.

35■22 Ensambladuras con pasadores, económicas

Los pasadores cilíndricos anteriores requieren ajustes muy precisos. Para obtener ensambladuras más económicas, y suficientemente precisas para un gran número de aplicaciones, **se fabrican pasadores que se sujetan por deformación elástica.**

> **De esta forma es posible conseguir uniones con taladros en bruto (diámetro de taladro = diámetro nominal del pasador).**

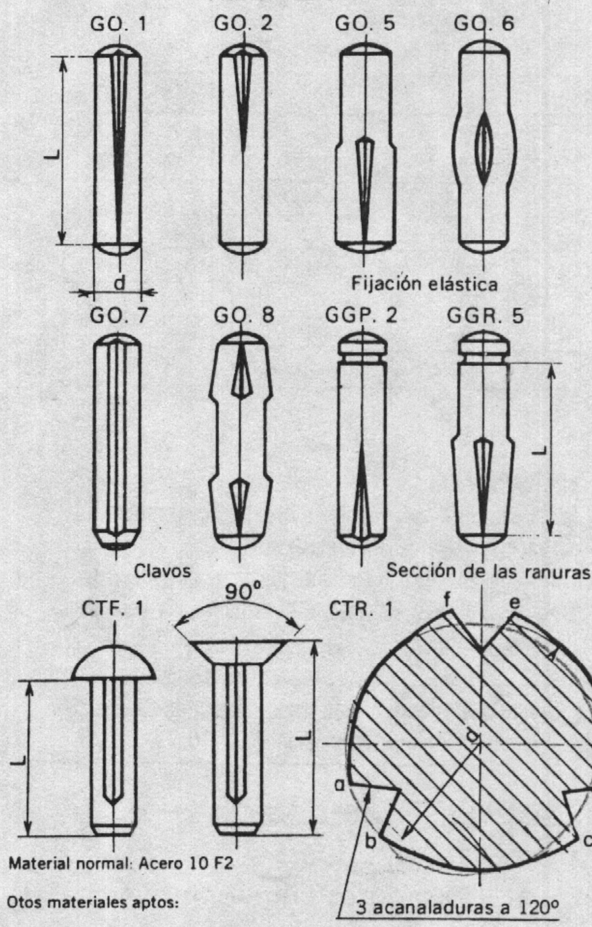
35■221 Pasador ranurado

Se efectúan tres ranuras a lo largo de tres generatrices de un vástago cilíndrico (ver sección). En el montaje, las partes a, b, c, d, e y f, admiten una pequeña deformación elástica y efectúan el apriete.

DIÁMETROS STANDARD	
Pasadores	1 - 1,2 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 5 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 12 - 14 - 16
Clavos	1,4 - 1,7 - 2 - 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 5 - 6 - 8

LONGITUDES NORMALES	
De 2 a 10 veces el diámetro con el escalonado siguiente:	
de 4 a 10 cada mm	de 45 a 100 cada 5 mm
de 12 a 40 cada 2 mm	de 110 a 160 cada 10 mm

PRINCIPALES TIPOS

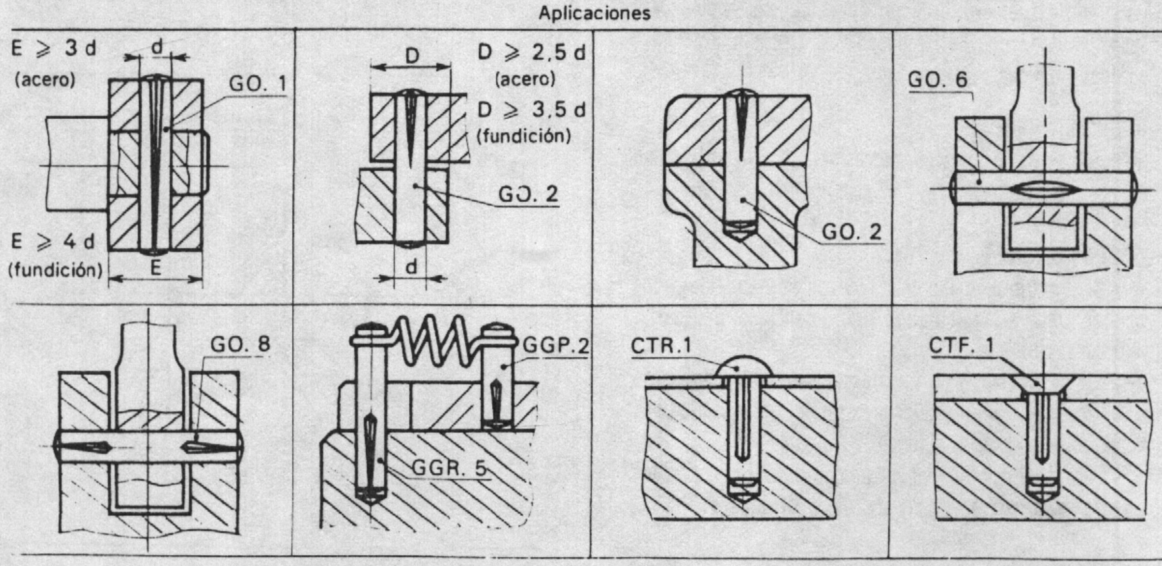


Material normal: Acero 10 F2

Otos materiales aptos:

XC38, XC48, 35NC6, Z10CNT18-08, A-U4G, etc.

Aplicaciones



35■222 Pasadores y casquillos elásticos «Mécanindus»

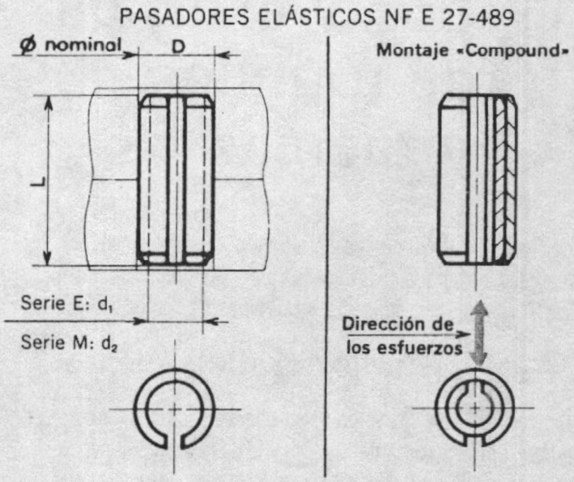
Estos pasadores se obtienen por arrollamiento de un fleje de acero de alta resitencia (tratado y revenido para R ≈ 140 hbar).

La serie gruesa «E» es la utilizada normalmente. La serie delgada «M» se emplea para piezas delicadas. Si se trata de esfuerzos importantes se pueden introducir dos casquillos uno dentro del otro: montaje «compound».

Ejemplos de utilización:

- Pasadores de inmovilización (fig. 1).
- Casquillos que preservan a los tornillos de los esfuerzos de cizallamiento (fig. 2).

PASADORES ELÁSTICOS NF E 27-489

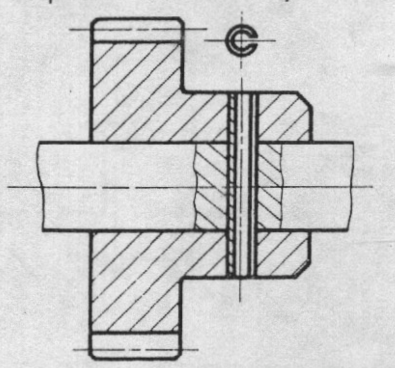


D	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
d_1	0.6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,3	2,4	2,5	3	3,6	4,6	5	5	6	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15,5	17	18,5	20	21	21
d_2	–	1,1	1,6	2	2,4	2,9	3,2	3,7	4	4,8	5,8	6,5	7	8	9	10	10,6	11	12	13	14,5	16	17	19	21	23	24	26	27
	5	5	5	5	6	6	8	8	10	10	10	12	12	15	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20	25	25	25
	6	6	6	6	8	8	10	10	12	12	12	15	15	18	18	18	18	18	18	18	25	25	25	25	25	25	30	30	30
	8	8	8	8	10	10	12	12	15	15	15	18	18	20	20	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	35	35	35
	10	10	10	10	12	12	15	15	18	18	18	20	20	25	25	25	25	25	25	25	35	35	35	35	35	35	40	40	40
	12	12	12	12	15	15	18	18	20	20	20	25	25	30	30	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	45	45	45
L	15	15	15	15	18	18	20	20	25	25	25	30	30	35	35	35	35	35	35	35	45	45	45	45	45	45	50	50	50
	18	18	18	18	20	20	25	25	30	30	30	35	35	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	55	55	55
	20	20	20	20	25	25	30	30	35	35	35	40	40	45	45	45	45	45	45	45	55	55	55	55	55	55	60	60	60
		25	25	25	30	30	35	35	40	40	40	45	45	50	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	70	70	70
		30	30	30	35	35	40	40	45	45	45	50	50	55	55	55	55	55	55	55	70	70	70	70	70	70	80	80	80
			35	35	40	40	45	45	50	50	50	55	55	60	60	60	60	60	60	60	80	80	80	80	80	80	90	90	90
			40	40	45	45	50	50	55	55	55	60	60	70	70	70	70	70	70	70	90	90	90	90	90	90	100	100	100
					50	50	55	55	60	60	60	70	70	80	80	80	80	80	80	80	100	100	100	100	100	100	110	110	110
						55	60	60	70	70	70	80	80	90	90	90	90	90	90	90	110	110	110	110	110	110	120	120	120

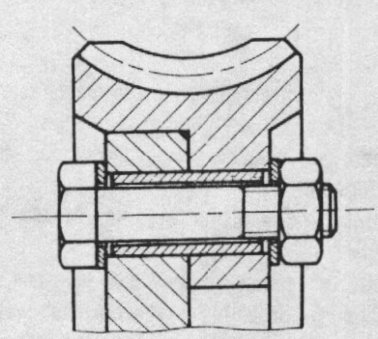
Ejemplo de designación dimensional de un pasador elástico de espesor de cotas **D** = 10 y **L** = 50.

Pasador elástico, espesor, 10-50, NF E 27-489

(1)



(2)



36 Inmovilización de tornillos y tuercas

La inmovilización de los tornillos y tuercas tiene por finalidad evitar que se aflojen las piezas roscadas sometidas a vibraciones, golpes o diferencias de temperatura.

36■1 Estudio del aflojamiento

Consecuencia de las tolerancias de fabricación, existe un juego j entre la rosca del tornillo y la de la tuerca. En caso de producirse vibraciones, golpes o dilataciones que originaran un ligero alargamiento del tornillo, llega un momento en que ya no hay contacto entre ambas roscas. En este caso puede producirse un aflojamiento.

36■2 Inmovilizaciones de relativa seguridad

Estos dispositivos impiden la falta de contacto que se acaba de mencionar. Sin embargo **no garantizan por completo la imposibilidad de aflojamiento.**
El estudio se limita a los procedimientos más corrientes.

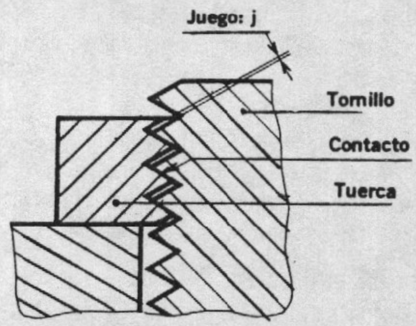
36■21 Inmovilización por encolado

Es posible inmovilizar un tornillo o una tuerca embadurnando los filetes (parte de ellos o todos) con una cola (Loctite, Araldite, etc.) o con un barniz especial.

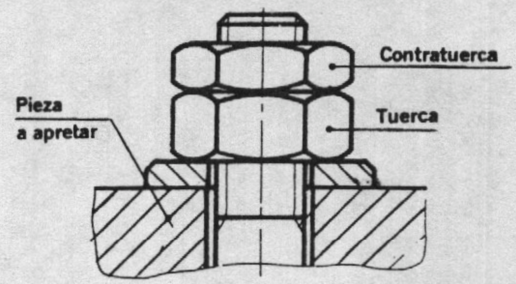
36■22 Contratuerca

La eficacia de la inmovilización depende de la calidad del montaje.
Se procede de la siguiente forma:
1.º bloquear la tuerca contra la pieza,
2.º atornillar la contratuerca,
3.º bloquear la contratuerca contra la tuerca sujetando esta última con una llave.
De esta forma quedan las dos tuercas bloqueadas sobre la rosca del tornillo.
Normalmente la contratuerca es una tuerca Hm (§ 32.11).
No obstante por razones de espacio o para una mejor inmovilización, se puede utilizar la tuerca elástica PAL (§ 32.18). Esta tuerca, una vez en contacto con la tuerca H, no debe apretarse más que un cuarto de vuelta.

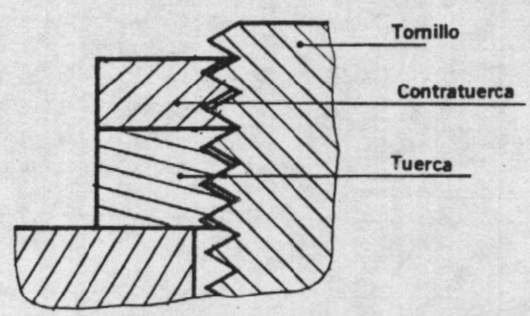
ESTUDIO DEL AFLOJAMIENTO



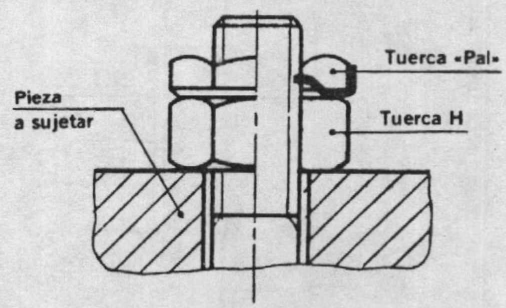
INMOVILIZACIÓN POR CONTRATUERCA



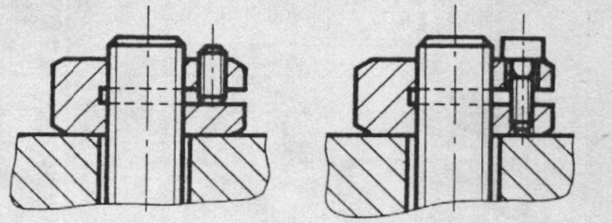
PRINCIPIO DE INMOVILIZACIÓN



EMPLEO DE UNA CONTRATUERCA ELASTICA



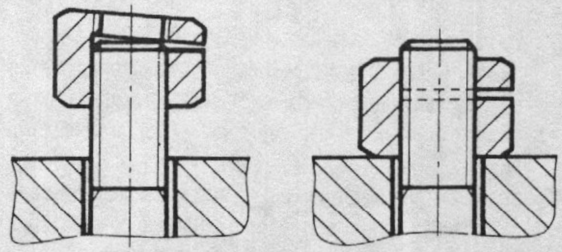
36■23 Tuercas hendidas y tornillos de inmovilización



La inmovilización se óbtiene separando las dos parte de la tuerca con la ayuda de un tornillo. De esta forma se suprime el juego entre las roscas y queda bloqueada la tuerca contra el tornillo.

OBSERVACIÓN:
Un resultado análogo se puede conseguir aproximando las dos parte de la tuerca.

36■24 Tuercas hendidas «snep nut»



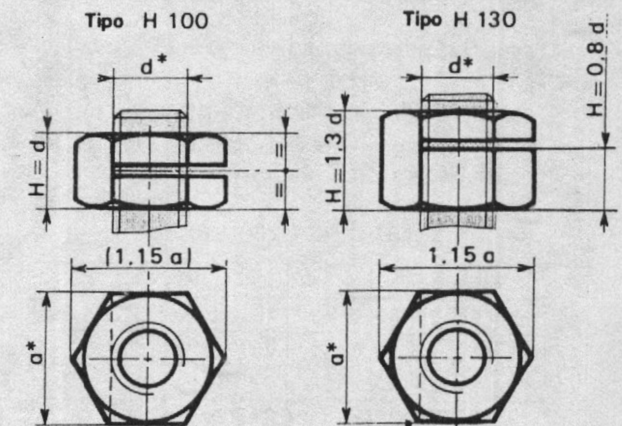
La tuerca se siega hasta que el roscado quede cortado y después se aproximan por deformación permanente las dos partes (ver figura).
En el montaje, el tornillo obliga a la parte superior de la tuerca a enderezarse. Esta deformación es elástica y efectúa la autoinmovilización.
Hay dos tipos de tuercas «SNEP NUT»:

- el tipo H 100 para bloqueos ligeros,
- el tipo H 130 para bloqueos importantes.

Condiciones normales de entrega
Tuercas de acero resistente a la rotura por tracción:

- R ≈ 50 hbar (cadmiado brillante blanco),
- R ≈ 80 y R ≈ 100 hbar (bicromatado amarillo).

Ejemplo de designación de una tuerca «snep nut», tipo H 130, de diámetro **d** = 10 y de paso **P** = 1,5, material acero R ≈ 50 hbar, cadmiado:
«snep nut» H 130 M 10 × 1,5 R 50 cadmiado.



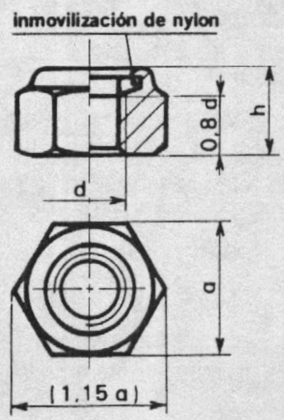
*d : de 4 a 20 mm
Para d y a, utilizar la tabla inferior

36■25 Tuercas «Simmonds»

36■251 Tuercas «Nylstop»

El dispositivo de frenado consiste en un anillo sin roscar de nylon engastado en un alojamiento opuesto a la cara de apoyo. La inmovilización tiene lugar:

- por el empuje axial que se produce desde que el tornillo entra en contacto con el anillo: el mismo asegura una presión de contacto enre los dos flancos de las roscas del tornillo y de la tuerca;
- además, introducido completamente el tornillo en el anillo, la deformación del nylon ejerce sobre el tornillo una presión de contacto que asegura una inmovilización muy buena. La máxima temperatura de empleo en servicio continuo ha de ser inferior a 100° C.



d	Pas	a	h
2,5	0,45	5	4
3	0,50	5,5	4,2
4	0,70	7	6
5	0,80	8	6,9
6	1	10	7,8
8	1,25	13	10,6
10	1,5	17	12,3
12	1,75	19	14,8
(14)	2	22	16,6
16	2	24	18
(18)	2,5	27	20,9
20	2,5	30	22,4
(22)	2,5	32	24

Evitar el empleo de diámetros entre paréntesis.

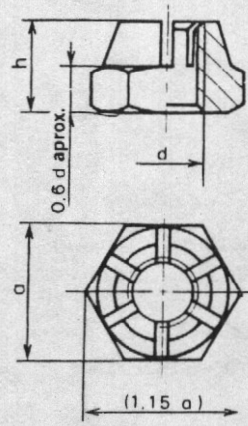
MATERIAL	PROTECCIÓN	SIMBOLOS SIMMONDS	MATERIAL	PROTECCIÓN	SIMBOLOS SIMMONDS
Acero tipo 56	Galvanizado pasivado	10	CuZn 39	No protegido	40
5086 (A-G4)	No protegido	20	Z 6 CNT 18-11	No protegido	50
2017 (A-U4G)	Anodizado	30	Acero tipo 80	Galvanizado pasivado	80

Para los aceros, el tipo es igual al valor de la resistencia a la rotura por tracción en hectobars.

36■252 Tuercas tipo «alta temperatura»

La parte cónica de la tuerca lleva seis ranuras. Después del roscado se aproximan por deformación permanente las distintas partes del elemento cónico. El diámetro de la parte roscada disminuye pues progresivamente hasta la parte superior de la tuerca.
En el montaje, el tornillo obliga a los seis sectores de la parte cónica a enderezarse. Esta deformación es elástica y provoca la autoinmovilización de la tuerca.

Condiciones normales de entrega:
Acero tipo 80, cadmiado pasivado,
Acero tipo 90-100, cadmiado pasivado,
(El tipo es igual al valor de la resistencia a rotura por tracción en hectobars.)



d	Paso	a	h
5	0,80	8	6,5
6	1	10	8,4
8	1,25	13	9,2
10	1,50	17	12
12	1,75	19	15,6
(14)	2	22	17,2
16	2	24	19,2
(18)	2,5	27	21
20	2,5	30	22,4
(22)	2,5	32	26,2

Evitar el empleo de diámetros entre paréntesis.

36■26 Arandelas grower

d	b	b_1	b_2	e	e_1	d	b	b_1	b_2	e	e_1
3	5,4	5,2	6,2	1	0,6	18	30	29	31	5	3
4	7,5	7,3	8,3	1,5	1	20	32	31	35	5	3
5	8,5	8,3	10,3	1,5	1	22	34	33	37	5	3
6	10,6	10,4	12,4	2	1,2	24	38	37	39	6	3,5
8	14	13,4	15,4	2,5	1,5	27	42	40		6	3,5
10	17	16,5	18,5	3	1,8	30	47	45		7	4,5
12	21	20	23	3,5	2	33	50			7	
14	24	23	25	4	2,5	36	55			8	
16	26	25	29	4	2,5	39	58			8	

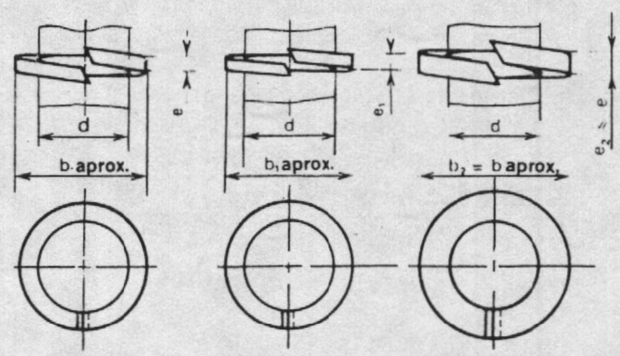
La inmovilización se obtiene gracias a la elasticidad de la arandela. La eficacia de esta inmovilización viene aumentada por la incrustación de los extremos salientes en la tuerca (o en la cabeza de tornillo) y en la pieza.

MATERIAL:
Acero para resortes corriente (XC 65 f – templado, revenido para HRc 36-44) salvo especificación en contra en el pedido (acero inoxidable, bronce fosforoso, etc.).

ARANDELAS GROWER

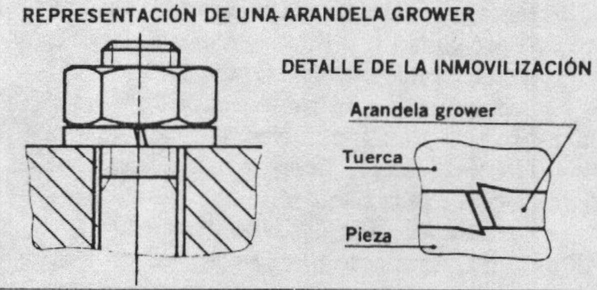
NF E 27-612 | NF E 27-613 | NF E 27-623

Tipo normal — **Símbolo W** | **Tipo rebajado** — **Símbolo WZ** | **Tipo fuerte** — **Símbolo WL**



REPRESENTACIÓN DE UNA ARANDELA GROWER

DETALLE DE LA INMOVILIZACIÓN



Ejemplo de designación de una arandela grower tipo normal, diámetro nominal **d** = 10:

Arandela W 10, NF E 27-612

36■27 Arandelas dentadas

d tornillo	A	B	B_1	B_2	d tornillo	A	B	B_1	B_2
2	2,1	4,5	—	—	12	12,4	21	30	24
2,5	2,6	5	—	5,5	14	14,5	24	33	—
3	3,1	6	12	6	16	16,5	27	36	—
3,5	3,7	7	—	7	18	18,5	30	—	—
4	4,2	8	15,5	8	20	20,5	33	—	—
5	5,2	9,5	17,5	10	22	22,8	37	—	—
6	6,2	11	18,5	12	24	24,8	39	—	—
8	8,3	14	23	16	27	27,8	44	—	—
10	10,3	17,5	26	19	30	30,8	48	—	—

La inmovilización se consigue gracias a la elasticidad de los dientes.

La eficacia de la misma viene incrementada por la incrustación de las aristas en las piezas a inmovilizar.

MATERIALES:

- Acero para resortes corriente (XC 65 f, templado, revenido para HRC 36-44) con o sin protección (cadmiado aspecto plateado brillante o cadmiado bicromatado aspecto amarillo irisado).
- Bronce fosforoso o bronce al berilio para los materiales eléctricos (buena conductibilidad eléctrica, inalterabilidad).

APLICACIONES:

Estas arandelas permiten obtener una buena inmovilización y **contactos eléctricos muy satisfactorios.**

Dentado exterior

Se utiliza normalmente con una tuerca o un tornillo H.

Dentado interior

Se utiliza con una tuerca (o un tornillo) reducida o si la superficie de la pieza es irregular o también si se busca una buena estética.

Doble dentado

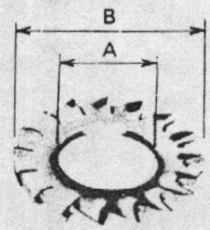
Es particularmente adecuado para los montajes que contienen taladros oblongos o de mayor diámetro que el de los tornillos empleados.

Forma cóncava

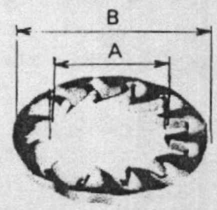
Esta forma permite la inmovilización de tornillos de cabeza avellanada.

ARANDELAS DENTADAS NF E 27-618

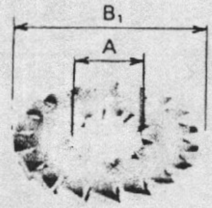
Dentado exterior
Símbolo DE



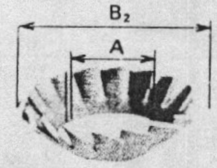
Dentado interior
Símbolo DI



Doble dentado
Símbolo DD



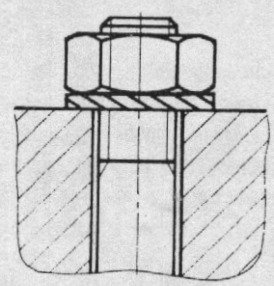
Forma cóncava
Símbolo DF



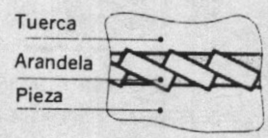
Fotos Hachette

REPRESENTACIÓN DE UNA ARANDELA DENTADA

Dentado aparente

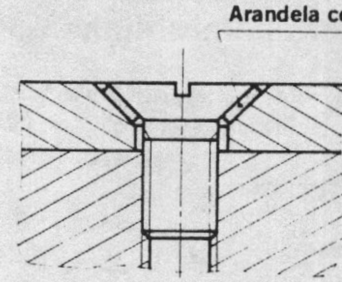


DETALLE DE LA INMOVILIZACIÓN



Inmovilización de un tornillo F/90

Arandela cóncava DF



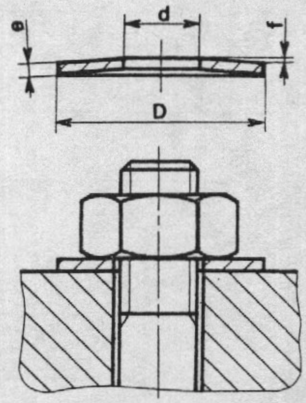
Diámetro nominal del tornillo	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12
Incremento de la profundidad del fresado	0,8	0,8	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,9

Los espesores de las arandelas DE, DI, DD no están normalizados. A título indicativo, se puede considerar aproximadamente $e \approx \frac{d}{8}$.

Ejemplo de designación de una arandela dentada, con dentado exterior, diámetro nominal **d** = 10:

Arandela dentada DE 10, NF E 27-618

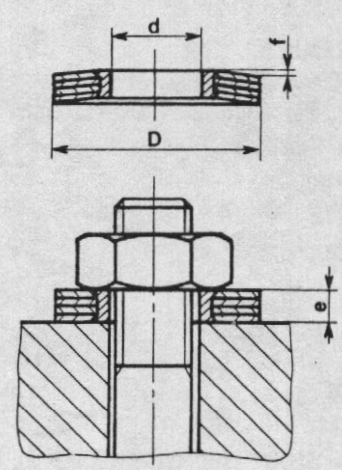
36.28 Arandelas «Belleville»



La arandela «Belleville» distendida presenta forma troncocónica (para dimensiones ver § 46.3). Después del apriete queda plana. La misma conserva, sin embargo, sus propiedades elásticas y actúa como un potente resorte axial. De esta forma queda asegurada una importante presión de contacto entre filetes.

Con miras a aumentar el esfuerzo axial y por consiguiente la inmovilización, se pueden superponer varias arandelas Belleville. Hay modelos registrados que hacen más cómoda esta solución al reunir las arandelas mediante un tubo inferior.

d torn.	D	e	f	Carga de aplanam.	d torn.	D	e	f	Carga de aplanam.
6	17	2,4	0,6	250 daN	22	45	7,2	1,4	2 400 daN
8	20	2,8	0,7	350	24	50	7,2	1,6	2 180
10	23	3,2	0,8	470	27	56	8	1,6	2 400
12	26	4	1	900	30	60	8,8	1,8	3 200
14	29	4,8	0,9	1 130	33	64	10	2	4 850
16	33	4,8	1,1	1 060	36	68	10	2	4 360
18	37	6,2	1,2	1 750	39	72	10	2,2	4 330
20	41	6	1,4	1 700	42	76	10	2,4	4 320

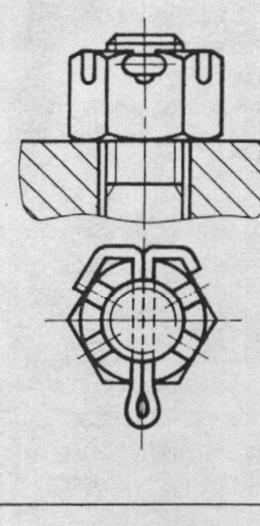


APLICACIONES:

Las arandelas Belleville son un medio de inmovilización muy bueno para tuercas (o para tornillos) cuando se trata de piezas sometidas a vibraciones o choques, asegurando a la vez un **contacto permanente** entre las piezas. Con relación a las arandelas grower o a las arandelas dentadas ofrecen la ventaja de marcar menos las piezas.

36.3 Inmovilizaciones de seguridad absoluta

La inmovilización se efectúa por medio de un obstáculo que se opone al aflojamiento del tornillo o de la tuerca. **El aflojamiento no puede tener lugar sin retirar o destruir este obstáculo.**



36.31 Tuercas almenadas

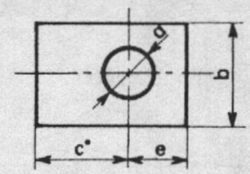
La inmovilización se efectúa mediante un pasador V (§ 35.12), que atraviesa una de las almenas de la tuerca y el tornillo a través de un agujero de paso previamente taladrado. La regulación de la posición de la tuerca se efectúa por sextos de vuelta. Dimensiones de las tuercas almenadas § 32.15. Cuando se efectúa un desmontaje y nuevo montaje se sustituye el pasador V.

36■32 Inmovilizadores de chapa (o plaquitas de tope)

d nominal	a	b	c	e	f	ESPESOR Acero A 37 c	Cobre Latón
6	7	16	—	8	—	0,5	1
8	9	20	—	11	—	1	2
10	11	25	—	14	—	1	2
12	14	28	—	17	—	1	2
14	16	30	—	19	—	1	2
16	18	34	32	21	15	1	2
18	20	36	36	23	16	1	2
20	22	40	40	26	18	1	2
22	24	42	45	28	20	1	2
24	27	45	48	31	22	1,5	3
27	30	48	55	34	24	1,5	3
30	33	55	60	38	26	1,5	3
33	36	60	66	41	29	1,5	3
36	39	65	72	45	31	1,5	3
39	42	68	78	48	32	1,5	3
Fabricante: Mécanindus.							

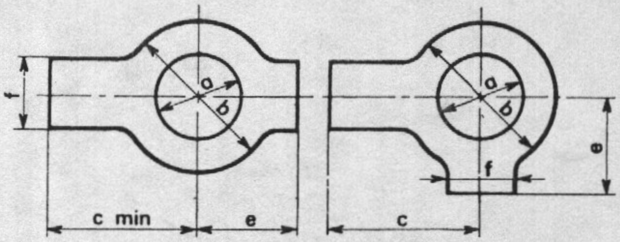
INMOVILIZACIÓN RECTANGULAR NF E 27-614

Para diámetros de 6 a 14

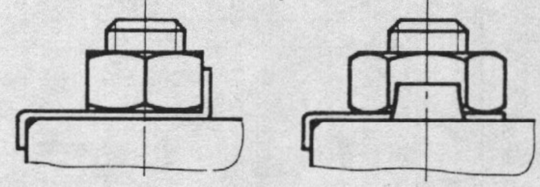


Para diámetros de 6 a 39

Recta con alerones De escuadra con alerones



Montajes



La inmovilización se consigue abatiendo uno de los bordes de la plaquita sobre la pieza y levantando el otro contra la tuerca o el tornillo.

Ejemplo de designación de un inmovilizador de escuadra con alerones, un diámetro nominal **d** = 20: **Inmovilizador de escuadra con alerones, en cobre, de 20,** NF E 27-614

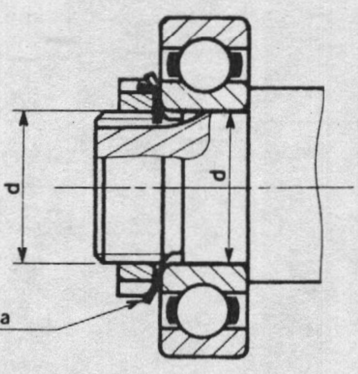
36■33 Tuercas entalladas y arandela inmovilizadora

La lengüeta interior de la arandela inmovilizadora encaja en una ranura del árbol. Una de las lengüetas de la periferia se dobla contra una de las entalladuras de la tuerca. De esta forma se consigue una inmovilización absoluta.

APLICACIONES:

Las arandelas de inmovilización son utilizadas habitualmente para bloquear lateralmente el aro interior de un rodamiento.

Tabla de dimensiones: ver § 40.88.

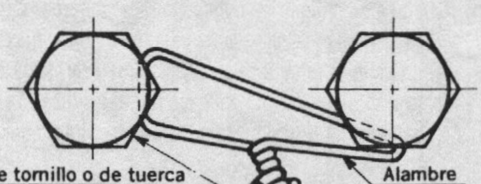


36■34 Inmovilización por alambre

El giro del tornillo o de la tuerca está impedida por un alambre metálico convenientemente dispuesto. Esta solución obliga a un taladro previo de los tornillos o de las tuercas.

MATERIALES PARA EL ALAMBRE:

- Latón U-Z 36 recocido. cuit.
- Acero inoxidable Z 3 CN 18-10. CN 18-10.



*Dimensión c «según pedido»

37 Materiales para la tornillería y sus accesorios

37■1 Principales materiales

METALES FÉRRICOS					METALES NO FÉRRICOS			
Tornillería					**Tornillería**			
Clase	**Material**	**Estado**	**Rm***	**Re***	**Material**	**Estado**	**Rm***	**Re***
No tratado	10 F 1	No especificado	34	22,5	Cu Pb	1/2 duro	35	30
	E 26		42	26	Cu Zn 39 Pb 2	1/4 duro	58	
	A 60	Recocido	60	34	2017 (A-U4G)	Templado-maduro	39	24
Tratado	XC 38	Templado y revenido	80	62	5086 (A-G4)	1/4 duro	27	19
	XC 48		83	66,5	7075 (A-Z5GU)	Templado-revenido	52	44
	25 CD 4		93	78,5	**Arandelas**			
	35 CD 4		110	95	Cu Pb	1/2 duro	35	30
Inoxidable	Z6 CN-18-09	No especificado	51	20	Cu Zn 39 Pb 2	1/4 duro	58	
	Z 30 C 13	Templado-revenido	90	75	1050 (A 5)	1/2 duro	10	7,5
Arandelas					5086 (A-G 4)	1/4 duro	27	19
Remaches	10 F 1	No especificado	34	22,5	**Pasadores de aletas**			
	Z 8 CN 18-09		55	23	Cu/az	Recocido	23	7
Grower	XC 65	Templado-revenido	90	70	Cu Zn 33	Recocido	30	
	45 S 8 e		150	130	5086 (A-G 4)	Recocido	24	9,5
Pasadores					**Remaches (excepto tubulares)**			
Planos	A 33	No especificado	33	16	Cu/az	Recocido	23	7
Cónicos	A 60		60	34	Cu Zn 33	1/2 duro	40	
Remaches					1050 (A 5)	Recocido	7	
Excepto remaches tubulares	10 F 1	No especificado	34	22,5	5086 (A-G 4)	Recocido	24	9,5
	E 24		37	24	2017 (A-U 4 G)	Tratado	39	24
	Z 6 CN 18-09		51	20				

*Rm = resistencia mínima a la rotura por tracción en hbar – Re = Límite elástico aparente en hbar. (1 hbar = 1 daN/mm²)

37■2 Clases de calidad NF 27-005

Las clases de calidad definen los materiales para tornillería de acuerdo con sus características mecánicas. La elección del material y los eventuales tratamientos térmicos se dejan a iniciativa del fabricante mientras sean respetadas las características mecánicas.

SIMBOLIZACIÓN:
La clase de calidad se indica por dos números: el primero corresponde aproximadamente a la décima parte de la resistencia mínima a la tracción (Rm) expresada en hectobars; el segundo multiplicado por el primero, da aproximadamente el límite elástico aparente (Re) en hectobars.

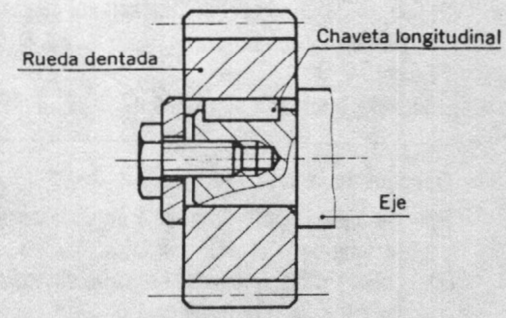
CLASES DE CALIDAD PARA TORNILLOS ESPARRAGOS					
3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6
6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9

CLASES DE CALIDAD PARA TUERCAS						
4	5	6	8	10	12	14

Una tuerca roscada a un tornillo de la misma calidad (por ejemplo 6 para un tornillo de 6.8) resiste hasta la rotura del tornillo.

38 Chavetas

Una chaveta es una pieza que tiene por finalidad hacer solidarios un elemento de máquina y un eje. Por ejemplo permite la unión solidaria en rotación de una rueda dentada y de un eje (fig. contigua). Se distinguen diferentes tipos de uniones: las chavetas longitudinales, los ejes acanaldos, los acanalados triangulares, las chavetas transversales y las estrías radiales.



38■1 Chavetas longitudinales

Las chavetas longitudinales son paralelas al eje de las piezas a inmovilizar. Según su empleo, se distinguen los enchavetados forzados y los enchavetados libres.

38■11 Enchavetados forzados

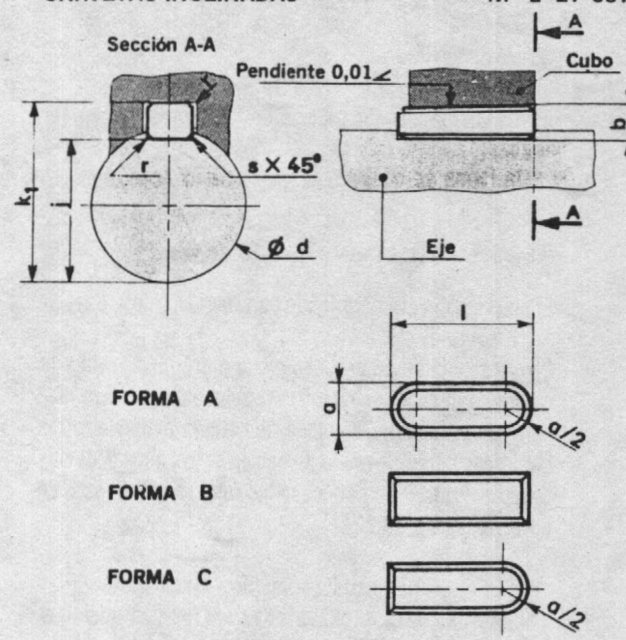
La unión se logra por el acuñamiento de las caras superior e inferior de la chaveta contra sus asientos. El esfuerzo axial así originado **tiene el inconveniente de descentrar ligeramente el cubo de la rueda con relación al eje** (solución válida para bajas velocidaes de rotación). En cambio se consigue una **unión completa en rotación y en traslación.** Se distinguen dos tipos de chavetas inclinadas:

- **las chavetas inclinadas sin talón** (el acuñamiento se consigue ejerciendo presión sobre el eje o sobre el cubo),
- **las chavetas inclinadas con talón** (el acuñamiento se obtiene ejerciendo una presión directamente sobre la chaveta).

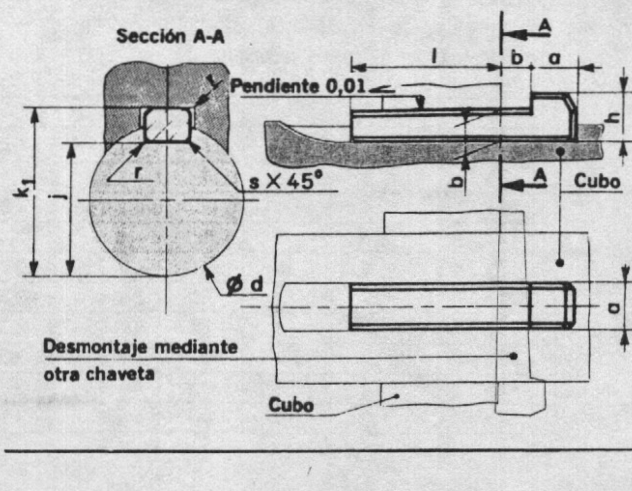
d	a	b	h	s_{min}	j	k_1
6 a 8 incluido	2	2	–	0,16	d – 1,2	d + 0,5
8 a 10	3	3	–	0,16	d – 1,8	d + 0,9
10 a 12	4	4	7	0,16	d – 2,5	d + 1,2
12 a 17	5	5	8	0,25	d – 3	d + 1,7
17 a 22	6	6	10	0,25	d – 3,5	d + 2,2
22 a 30	8	7	11	0,25	d – 4	d + 2,4
30 a 38	10	8	12	0,4	d – 5	d + 2,4
38 a 44	12	8	12	0,4	d – 5	d + 2,4
44 a 50	14	9	14	0,4	d – 5,5	d + 2,9
50 a 58	16	10	16	0,4	d – 6	d + 3,4
58 a 65	18	11	18	0,4	d – 7	d + 3,4
65 a 75	20	12	20	0,6	d – 7,5	d + 3,9
75 a 85	22	14	22	0,6	d – 9	d + 4,4
85 a 95	25	14	22	0,6	d – 9	d + 4,4
95 a 110	28	16	25	0,6	d – 10	d + 5,4
110 a 130	32	18	28	0,6	d – 11	d + 6,4
130 a 150	36	20	32	1	d – 12	d + 7,1
150 a 170	40	22	36	1	d – 13	d + 8,1

Ejemplo de designación: ver página siguiente.

CHAVETAS INCLINADAS NF E 27-657



CHAVETAS INCLINADAS CON TALÓN NF E 27-657



> **Ejemplo de designación dimensional** de una chaveta ordinaria, con talón, de cotas **a** = 12, **b** = 8 y **l** = 40.
> **Chaveta inclinada con talón 12 × 8 = 40,** NF E 27-657

Elección de la longitud l

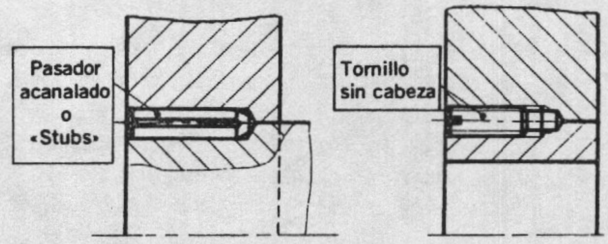
Tener en cuenta que la longitud **l** no corresponde a la longitud total de la chaveta con talón.
Elegir, si es posible, la longitud **l** entre las dimensiones de la norma NF E 01-001 (capítulo 13).

OBSERVACIÓN SOBRE LA TRANSMISIÓN DE PARES PEQUEÑOS

Se pueden utilizar:

- o un pasador,
- o un tornillo sin cabeza, entre elementos (ver fig. contigua).

De esta forma se consigue una unión muy económica.



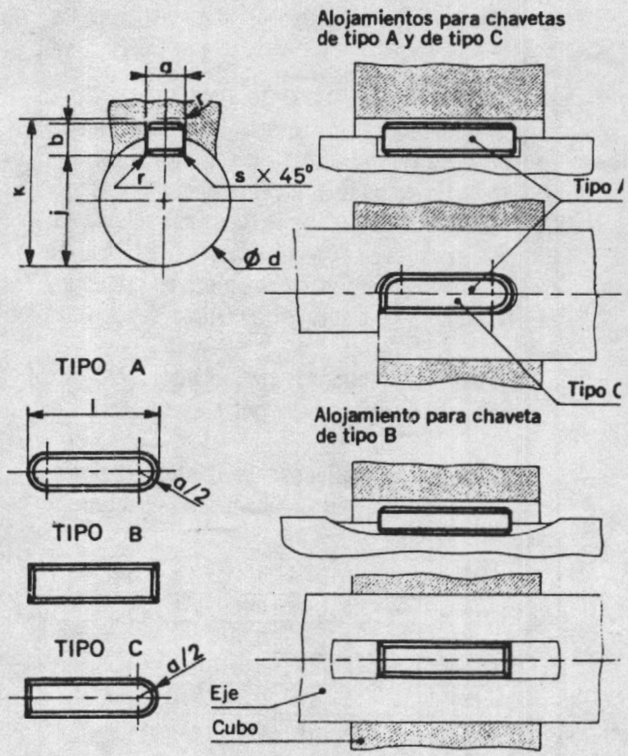
38.12 Enchavetados libres

El cubo solamente está fijado en rotación. Puede desplazarse sobre el eje.
Consecuencia de un pequeño juego entre la chaveta y la ranura en el cubo, estos enchavetados no son adecuados para acoplamientos precisos sometidos a movimientos circulares alternativos o a choques (recalcado de los apoyos). Preferir en este caso las ranuras con flancos en envolventes (§ 38.22).

38.121 Chavetas paralelas ordinarias

Se emplean para enchavetados cortos (longitud ligeramente superior al valor del diámetro del eje, $l < 1{,}5d$).
El alojamiento de extremos rectos, es de fácil ejecución (con fresa de disco). No obstante tiene el inconveniente de ser largo y de no retener la chaveta tan bien como los alojamientos con extremos redondos.

CHAVETAS PARALELAS ORDINARIAS NF E 27-65



d	a	b	s_{min}	j	k	d	a	b	s_{min}	j	k
de 6 a 8	2	2	0,16	d − 1,2	d + 1	58 a 65	18	11	0,4	d − 7	d + 4,4
8 a 10	3	3	0,16	d − 1,8	d + 1,4	65 a 75	20	12	0,6	d − 7,5	d + 4,9
10 a 12	4	4	0,16	d − 2,5	d + 1,8	75 a 85	22	14	0,6	d − 9	d + 5,4
12 a 17	5	5	0,25	d − 3	d + 2,3	85 a 95	25	14	0,6	d − 9	d + 5,4
17 a 22	6	6	0,25	d − 3,5	d + 2,8	95 a 110	28	16	0,6	d − 10	d + 6,4
22 a 30	8	7	0,25	d − 4	d + 3,3	110 a 130	32	18	0,6	d − 11	d + 7,4
30 a 38	10	8	0,4	d − 5	d + 3,3	130 a 150	36	20	1	d − 12	d + 8,4
38 a 44	12	8	0,4	d − 5	d + 3,3	150 a 170	40	22	1	d − 13	d + 9,4
44 a 50	14	9	0,4	d − 5,5	d + 3,8	170 a 200	45	25	1	d − 15	d + 10,4
50 a 58	16	10	0,4	d − 6	d + 4,3	200 a 230	50	28	1	d − 17	d + 11,4

El empleo de una chaveta en un eje de dimensión superior, es posible.

TOLERANCIAS:

El ajuste de la chaveta es «con apriete» para el eje y «deslizante justo» para el cubo.

OBSERVACIONES:

- **La longitud de una chaveta** se toma mientras sea posible de acuerdo con las dimensiones recomendadas de la norma NF E 01-001 (capítulo 13).
- Las chavetas de sección cuadrada pueden tomarse de las medidas de los aceros estirados en frío (§ 58.21).

TOLERANCIAS PARA ENCHAVETADOS						
Chaveta	sobre a			h9		
	sobre b			h9 para b $\leq$ 6-h11 para b $>$ 6		
Chaveteros	suelto	normal	apretado	d	j	k
Eje	H9	N9	P9	6 a 22 incluido	$^{0}_{-0,1}$	$+^{0,1}_{0}$
				22 a 130	$^{0}_{-0,2}$	$+^{0,2}_{0}$
Cubo	D10	Js9	P9	130 a 230	$^{0}_{-0,3}$	$+^{0,3}_{0}$

Ejemplo de designación de una chaveta de forma A, de cotas **a** 10, **b** = 8 y **l** = 40:

Chaveta paralela, forma A, de 10 × **8** × **40**
NF E 27-656

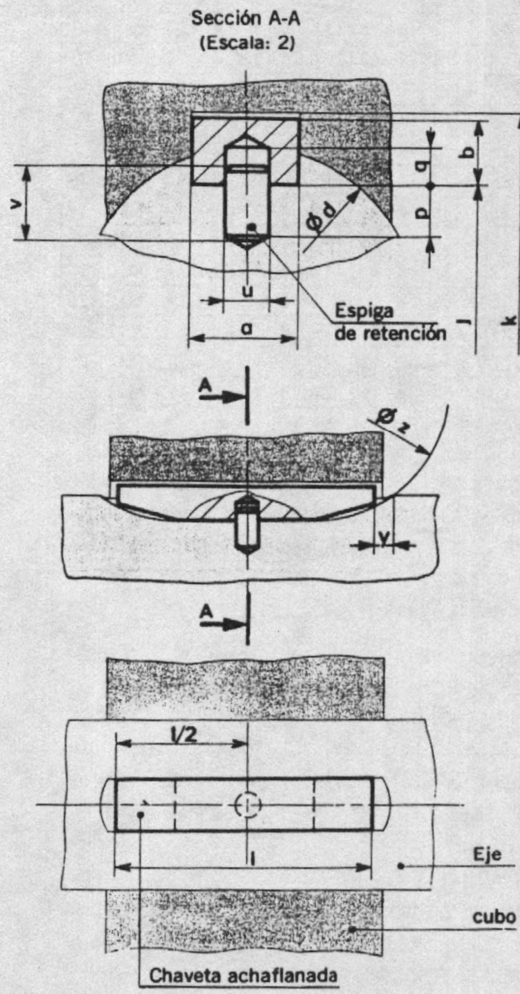
38■122 Chavetas achaflanadas

Las chavetas achaflanadas resuelven los inconvenientes de las chavetas paralelas con extremos planos (gran longitud de chavetero, mala sujeción de la chaveta), pero su precio de coste es más elevado.

d	a	b	p	q	u	v	y	z
10 a 12 inclusive	4	4	2,5	2,5	2	4	2	50
12 a 17	5	5	3	3	2	5	2,5	50
17 a 22	6	6	3	3	2	5	3	50
22 a 30	8	7	5	5	4	8	3	50
30 a 38	10	8	5	5	4	8	5	50
38 a 44	12	8	7	5	6	10	4	70
44 a 50	14	9	7	5	6	10	3	70
50 a 58	16	10	11	7	8	16	4	70
58 a 68	18	11	11	7	8	16	5	70
68 a 78	20	12	11	7	8	16	4	70
78 a 92	24	14	12	9	10	18	6,5	100
92 a 110	28	16	12	9	10	18	5	100
110 a 130	32	18	16	12	12	25	6,5	100
130 a 150	36	20	16	12	12	25	6,5	100
150 a 170	40	22	18	16	14	30	7	100
170 a 200	45	25	18	16	14	30	7,5	100
200 a 230	50	28	23	16	16	35	9	150
230 a 260	55	30	23	16	16	35	10	150

j y k: ver tabla página precedente.

CHAVETAS ACHAFLANADAS sin normalizar



OBSERVACIONES:

- **La longitud de la chaveta** normalmente no es mayor de 1,5 veces el diámetro del eje.
- Ver de nuevo las observaciones del § 38.121.
- Las tolerancias sobre las cotas a, b, j y k se indican en el cuadro que encabeza la página.

Ejemplo de designación dimensional de una chaveta achaflanada de dimensiones **a** = 10, **b** = 8, y **l** = 40:

Chaveta achaflanada 10 × **8** × **40.**

38■123 Chavetas paralelas fijadas por tornillos

Son adecuadas para chaveteros largos d < l < 2,5 d y especialmente si se produce durante el giro un desplazamiento relativo del cubo con relación al eje.

OBSERVACIONES:

■ Se evita sobrepasar l = 2,5 para facilitar el brochado del cubo.

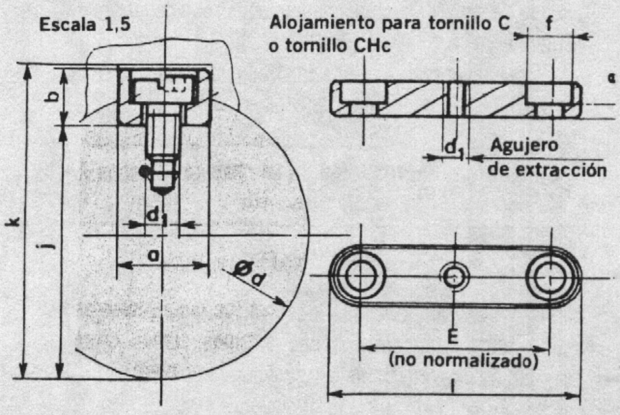
Se distinguen dos tipos por su forma: las chavetas con extremos redondos y las chavetas con extremos rectos.

d	a	b	e	f	j	k	Tornillo
17 a 22 inclusive	6	6	3	4,5	d − 3,5	d + 2,8	M2,5 − 6
22 a 30	8	7	3,5	6,5	d − 4	d + 3,3	M3 − 8
30 a 38	10	8	3,5	9	d − 5	d + 3,3	M4 − 10
38 a 44	12	8	2,5	10,5	d − 5	d + 3,3	M5 − 10
44 a 50	14	9	2,5	11,5	d − 5,5	d + 3,8	M6 − 10
50 a 58	16	10	3,5	10,5	d − 6	d + 4,3	M6 − 10
58 a 65	18	11	2,5	14,5	d − 7	d + 4,4	M8 − 12
65 a 75	20	12	3,5	13,5	d − 7,5	d + 4,9	M8 − 12
75 a 85	22	14	3,5	14,5	d − 9	d + 5,4	M10 − 12
85 a 95	25	14	3,5	14,5	d − 9	d + 5,4	M10 − 12
95 a 110	28	16	5,5	16,5	d − 10	d + 6,4	M10 − 16
110 a 130	32	18	7,5	14,5	d − 11	d + 7,4	M10 − 16
130 a 150	36	20	7	20	d − 12	d + 8,4	M12 − 20
150 a 170	40	22	9	18	d − 13	d + 9,4	M12 − 20
170 a 200	45	25	12	20	d − 15	d + 10,4	M12 − 25
200 a 230	50	28	15	22	d − 17	d + 11,4	M12 − 30

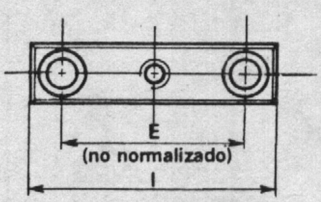
Tolerancias: ver cuadro de la página anterior.

CHAVETAS PARALELAS FIJADAS POR TORNILLOS

TIPO A NF E 27-658



TIPO B NF E 27-658



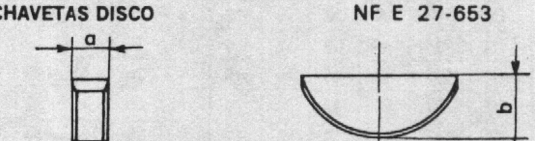
Ejemplo de designación de una chaveta paralela fijada por un tornillo, de forma A y de dimensiones **a** = 10, **b** = 8, **l** = 63 y de separación entre ejes* **E** = 45:

Chaveta fijada, forma A, de 10 × 8 × 63, distancia entre ejes E = 45*

38■124 Chavetas-disco

Las chavetas disco se utilizan sobre ejes de pequeño diámetro cuando el esfuerzo a transmitir es bajo (el eje queda muy debilitado por el chavetero).

CHAVETAS DISCO NF E 27-653



Ejemplo de designación de una chaveta-disco, de dimensiones **a** = 4 y **b** = 6,5:

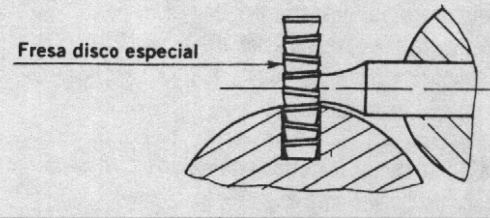
Chaveta-disco de 4 × 6,5, NF E 27-653

OBSERVACIONES:

■ Para una producción en serie las chavetas disco se obtienen por tronzado de perfiles laminados. Las caras de la chaveta se rectifican posteriormente.

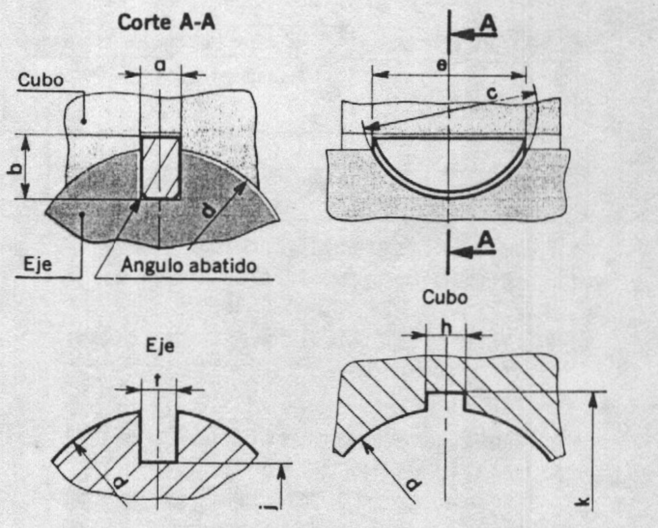
■ El fresado del chavetero es muy sencillo y rápido.

FRESADO DEL ALOJAMIENTO

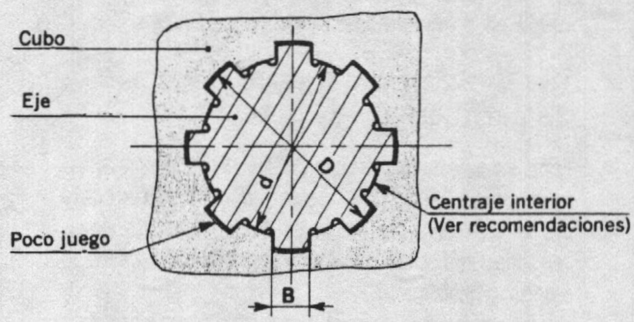


*Precisar la distancia entre ejes en la designación o efectuar un dibujo de la pieza. Generalmente se hace esto último.

CHAVETA				EJE		CUBO	
a* h9	b h11	c h11	e h11	f P9	j h11	h E9	k H13
1,5	2,6	7	6,5	1,5	d − 1,8	1,5	d + 0,9
2	2,6	7	6,5	2	d − 1,8	2	d + 0,9
2,5	3,7	10	9	2,5	d − 2,7	2,5	d + 1,1
3	3,7	10	9	3	d − 2,7	3	d + 1,2
	5	13	11,5		d − 4		d + 1,2
	6,5	16	15		d − 5,5		d + 1,2
4	5	13	11,5	4	d − 3,5	4	d + 1,8
	6,5	16	15		d − 5		d + 1,8
	7,5	19	17,5		d − 6		d + 1,8
5	6,5	16	15	5	d − 4,5	5	d + 2,3
	7,5	19	17,5		d − 5,5		d + 2,3
	9	22	20,5		d − 7		d + 2,3
6	9	22	20,5	6	d − 6,5	6	d + 2,8
	10	25	23		d − 7,5		d + 2,8
	11	28	25,5		d − 8,5		d + 2,8
	13	32	30		d − 10,5		d + 2,8
8	11	28	25,5	8	d − 8	8	d + 3,3
	13	32	30		d − 10		d + 3,3



ACANALADURAS DE FLANCOS PARALELOS NF E 22-131



38.2 Acanaladuras

Para transmitir potencias importantes se pueden colocar dos chavetas opuestas. Si esta solución no es suficiente, se fresan ranuras en el eje que dan lugar a salientes que pueden ser considerados como chavetas.

38.21 ACANALADURAS DE FLANCOS PARALELOS

Serie ligera n	d	D	B	s	Serie media n	d	D	B	s	Serie fuerte* n	d	D	B	s
6	23	26	6	5	6	11	14	3	5	10	16	20	2,5	12
	26	30	6	7,2		13	16	3,5	5		18	23	3	16
	28	32	7	7,2		16	20	4	7,2		21	26	3	16
8	32	36	6	8,4		18	22	5	7,2		23	29	4	19
	36	40	7	8,4		21	25	5	7,2		26	32	4	19
	42	46	8	8,4		23	28	6	9,5		28	35	4	22
	46	50	9	8,4		26	32	6	10,8		32	40	5	25
	52	58	10	12		28	34	7	10,8		36	45	5	29
	56	62	10	12	8	32	38	6	14,4		42	52	6	30
	62	68	12	12		36	42	7	14,4		46	56	7	30
10	72	78	12	15		42	48	8	14,4	16	52	60	5	36
	82	88	12	15		46	54	9	18		56	65	5	42
	92	98	14	15		52	60	10	18		62	72	6	48
	102	108	16	15		56	65	10	21		72	82	7	48
	112	120	18	22,5		62	72	12	24	20	82	92	6	60
					10	72	82	12	30		92	102	7	60
						82	92	12	30		102	115	8	82
						92	102	14	30		112	125	9	82
						102	112	16	30					
						112	125	18	41					

n = número de acanaladuras.
s = superficie real del apoyo de las acanaladuras por milímetro de longitud.

* Aplicaciones a evitar.
Ver asimismo pág. siguiente.

Aplicaciones
Consecuencia de las dificultades de mecanizado si se quiere obtener un centrado preciso, estos acanalados no son adecuados para grandes velocidades de rotación. En este caso son preferibles acanaladuras con flancos de perfil de envolvente § 38.22.

Recomendaciones series ligera y media
Centrado sobre el diámetro d solamente.

Serie fuerte
Centrado sobre el diámetro d solamente.

*Tomar el valor de a en función de d en la tabla § 38.121.

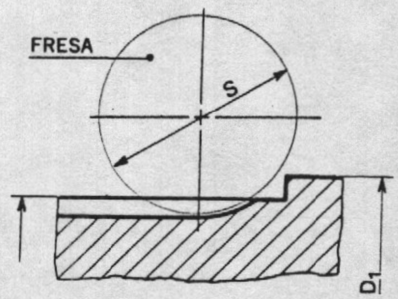
TOLERANCIAS	Ejes (tolerancias recomendadas)						Cubo (tolerancias obligatorias)					
Tipo de montaje	Centraje interior			Centraje exterior (a evitar)			Sin tratamiento después del brochado			Con tratamiento después del brochado		
	B	D	d	B	D	d'*	B	D	d	B	D	d
Fijo	h 10	a 11	h 7	h 10	h 7	a 11	H 9	H 7	H 7	H 11	H 10	H 7
Deslizante	d 10	a 11	f 7	d 10	f 7	a 11						

Ejemplo de designación de un cubo y de un eje acanalados de flancos paralelos de dimensiones **n** = 6, **d** = 28 y **D** = 34.
Para el eje se especifica el tipo de montaje elegido.

Cubo acanalado de flancos paralelos de 6 × 28 × 34, NF E 22-131
Eje acanalado de flancos paralelos de 6 × 28 × 34 - deslizante, NF E 22-131

RECOMENDACIONES:

- Para facilitar el brochado, **evitar ranurar el tubo una longitud l superior a 2,5 d.**
- El diámetro máximo D_1 de los salientes depende del diámetro S de la fresa utilizada para el tallado.
- Si al fresado sigue una rectificación, calcular para **la muela un diámetro aproximado de 150 mm.**



Para eje d	S mínimo aprox.
10 a 30	65
30 a 60	75
60 a 100	85
100 a 150	90

38■22 Acanaladuras de flancos de perfil envolvente

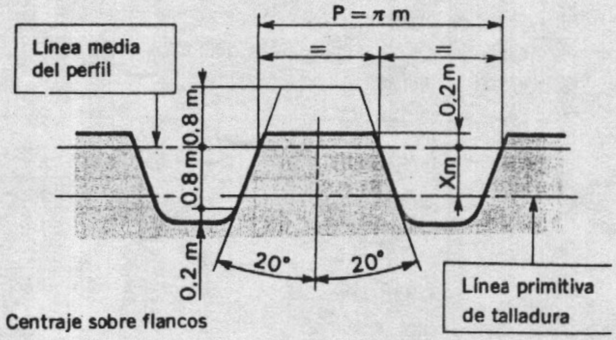
Estas acanaladuras permiten grandes velocidades de rotación (muy buen centraje). Se proyectan y efectúan con la misma técnica y por medio de las mismas máquinas-herramientas que el dentado de engranajes (mecanizado preciso y económico).

Símbolo	Denominación	Valor
m	Módulo	Tan peq. como sea posible
N	Número de dientes	Ver cuadro pág. 161
A	Diámetro nominal de partida para el eje y para el cubo	
A'	Diámetro exterior del eje	$A' = A - 0{,}2\,m$
A"	Diámetro exterior del cubo	Brochado: $A_1'' = A$ Tallado $A_2'' = A + 0{,}3\,m$
B	Diámetro interior del eje	$B = A - 2{,}4\,m$
D	Diámetro interior del cubo	$D = A - 2\,m$
D'	Diámetro primitivo del tallado	$D = N.m$
α	Ángulo de presión en el primitivo de tallado	$\alpha = 20°$
d	Diámetro de circunf. de la base	$d = D' \cos \alpha$
P	Paso en el primitivo de tallado	$P = \pi.m$
X	Desplazamiento del perfil de útil de tallar	$X = \dfrac{A - m(N + 0{,}4)}{2\,m}$
e'	Espesor curvilíneo en el primitivo de tallado	$e' = \dfrac{\pi m}{2} + 2X\,m\,tg$
e	Espesor curvilíneo de base	$e = e' \cos \alpha + 0{,}0149\,d$

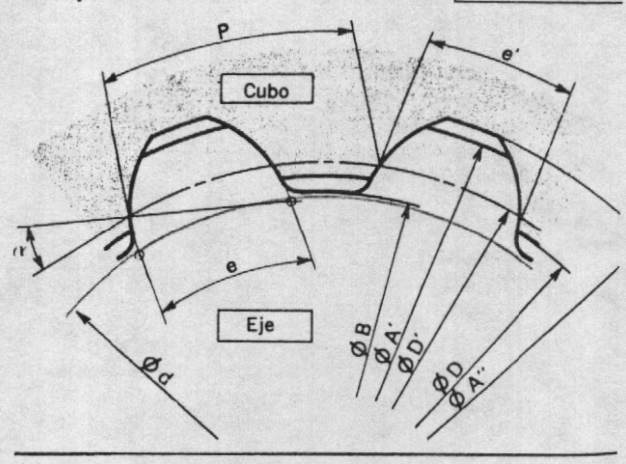
* d' = d – 0,3.

ACANALADURAS DE FLANCOS EN EVOLVENTE Pr E 22-1

Cremallera de referencia



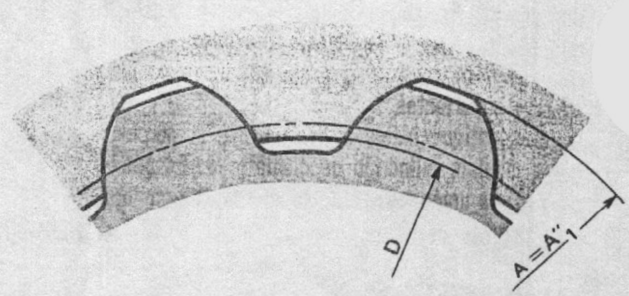
Centraje sobre flancos



A	m = 1,00		m = 1,25		m = 1,667		A	m = 2,50		m = 5,00	
	N	D	N	D	N	D		N	D	N	D
8	6	6					20	6	15		
9	7	7					25	8	20		
10	8	8	6	7,5			30	10	25		
12	10	10	8	9,5			35	12	30		
15	13	13	10	12,5	7	11,7	40	14	35	8	30
17	15	15	12	14,5	8	13,7	45	16	40	7	35
20	18	18	14	17,5	10	16,7	50	18	45	8	40
25	23	23	18	22,5	13	21,7	55	20	50	9	45
30	28	28	22	27,5	16	26,7	60	22	55	10	50
35	33	33	26	32,5	19	31,7	65	24	60	11	55
40			30	37,5	22	36,7	70	26	65	12	60
45			34	42,5	25	41,7	75	28	70	13	65
50			38	47,5	28	46,7	80	30	75	14	70
55					31	51,7	85	32	80	15	75
60					34	56,7	90	34	85	16	80
Evitar las dimensiones situadas en las partes coloreadas.							95	36	90	17	85
							100	38	95	18	90

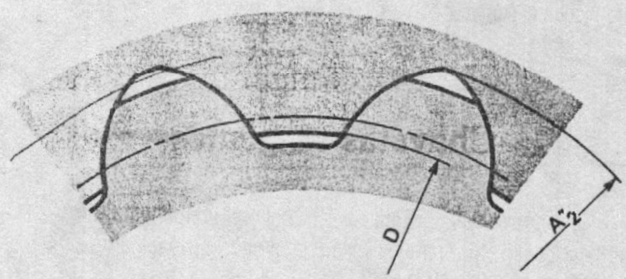
OBSERVACIÓN:
Los diámetros nominales A son idénticos a los alojamientos de los cojinetes.

CUBO BROCHADO



CUBO TALLADO

Número de dientes: N



Ejemplos de designación de un eje y un cubo acanalados de flancos en evolvente, de dimensiones **A** = 35, **N** = 12 y **m** = 2,5.
Para el eje se ~ñade el tipo de montaje elegido (deslizante, fijo, con apriete).

Cubo acanalado de flancos en evolvente
35 × 12 × 2,5, E 22-141

Eje acanalado de flancos en evolvente
35 × 12 × 2,5 - deslizante, E 22-141

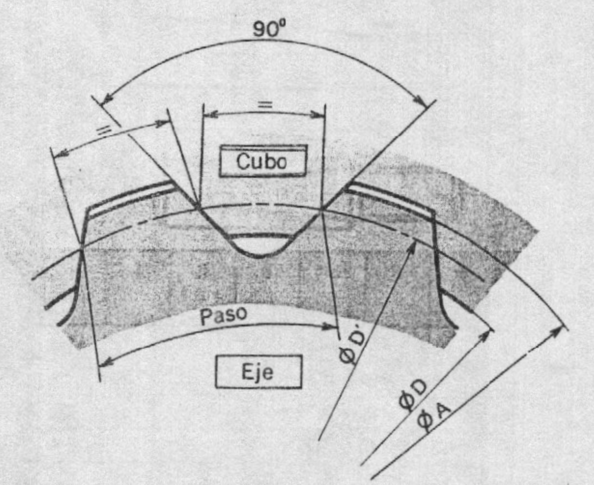
RECOMENDACIONES:
Las mismas que para el § 38.21

38.3 Acanalados rectangulares rectilíneos

El centraje obtenido por los mismos es inferior al de las acanaladuras de flancos paralelos o flancos en evolvente. Es particularmente indicado para ajustar un elemento según diversas posiciones. Las acanaladuras se mecanizan generalmente mediante fresa madre de flancos rectos, y brochado.

módulo = 0,50			módulo = 0,75			módulo = 1,00			módulo = 1,50		
A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D
8	15	7,3	24	31	22,95	33	32	31,6	42	27	39,9
10	19	9,3	27	35	25,95	36	35	34,6	45	29	42,9
12	23	11,3	30	39	28,95	39	38	37,6	48	31	45,9
14	27	13,3									
16	31	15,3									
18	35	17,3									
20	39	19,3									
22	43	21,3									

ACANALADOS RECTILÍNEOS NF E 22-151

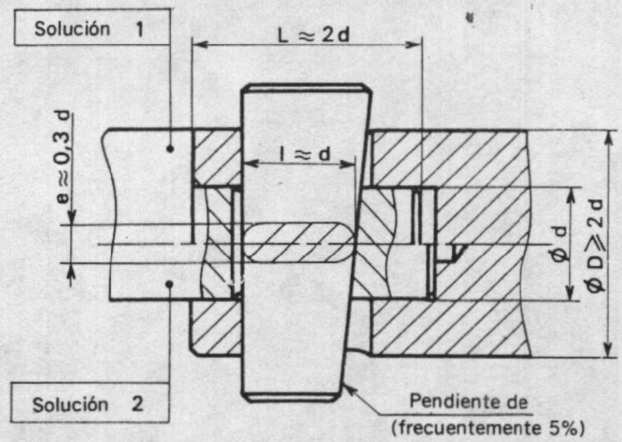


Módulo : m	Diámetro primitivo : D' = N.m
Número de dientes: N	Paso primitivo : P = π.m

38■4 Chavetas transversales

Una chaveta transversal hace solidarias en traslación y rotación dos piezas generalmente coaxiales. La unión obtenida permite transmitir grandes esfuerzos axiales y pares muy importantes.
La figura contigua indica las principales proporciones para un montaje cilíndrico de diámetro **d.** Es posible conseguir una unión más rígida sustituyendo el montaje cilíndrico por un montaje cónico.

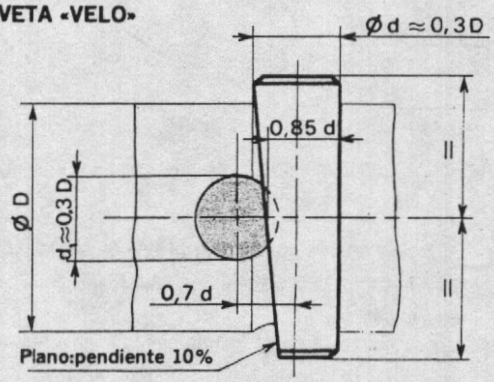
OBSERVACIÓN:
Para esfuerzos pequeños se puede sustituir una chaveta cónica por una clavija (ver capítulo 35).



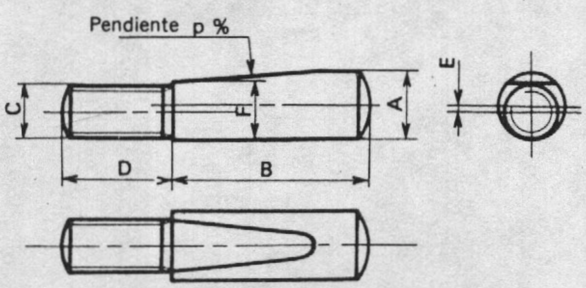
38■5 Chavetas tangentes

El enchavetado tangencial por chaveta «velo» (montaje del pedal sobre su eje) consiste en unir en rotación y en traslación dos piezas.
La unión obtenida transmite fundamentalmente un par o un momento motor. Esfuerzos axiales de poca importancia son admisibles.

CHAVETA «VELO»

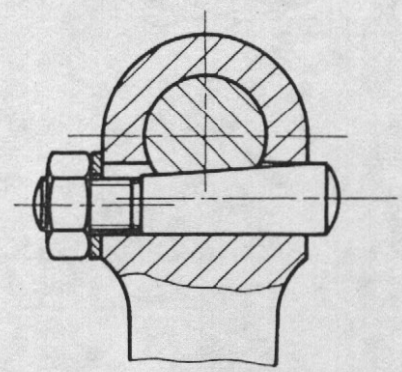


CHAVETA «VELO» NF R 321-01



A h 10	B	C	Paso	D	E ± 0,1	F	p en %
7	25	M 5	0,80	12	0,7	5,8	5 %
9	26	M 7	1,00	14	0,8	7,46	7 %
12	45	M 8	1,25	18	1,5	9	8 %
16	60	M 10	1,25	22	2,0	12	8 %

Ejemplo de aplicación



NOTA: La chaveta de cota A= 9 se emplea en el ciclo.

Ejemplo de designación de una chaveta «velo», de dimensión A = 9: **Chaveta «velo» de 9,** R 321-01

38.6 Estriados radiales

Los estriados radiales permiten la unión de dos piezas, con la posibilidad de ajustar en el sentido angular su posición relativa.
Pueden conseguirse por fresado o más económicamente por matrizado (sobre todo si se trata de materiales blandos).

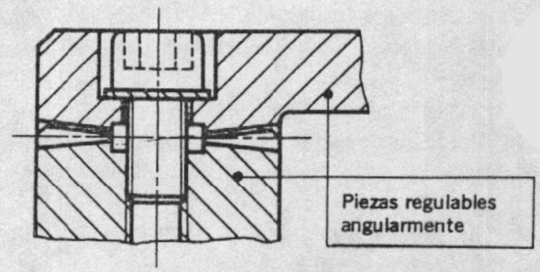
D	d min.	Serie normal N	H	h	α	Serie fina N	H	h	α
20	8	60	0,91	0,2	2° 36′				
25	10		1,13			90	0,75	0,2	1° 44′
32	12		1,45				0,97		
40	16		1,81			120	0,91		1° 18′
50	20		2,27				1,13		
63	25	90	1,90	0,3	1° 44′		1,43		
80	32		2,42				1,81		
100	40	120	2,27		1° 18′				
120	50		2,72						

OBSERVACIONES:

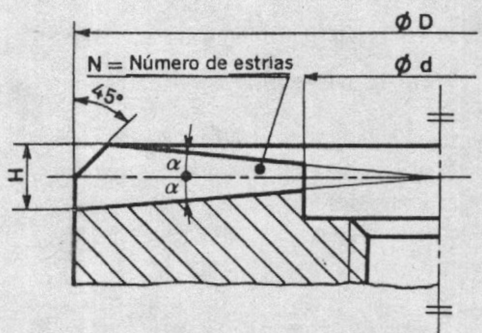
- El error angular sobre 10 no debe exceder de ± 10′.
- Los estriados radiales de la serie fina sólo se utilizan para una regulación angular precisa.

DESIGNACIÓN:
Indicar en el dibujo el número de estrías y la referencia de la norma (NF L 32-630).

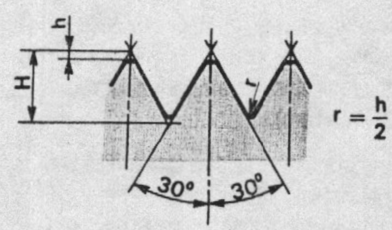
ESTRIAS RADIALES NF L 32-630



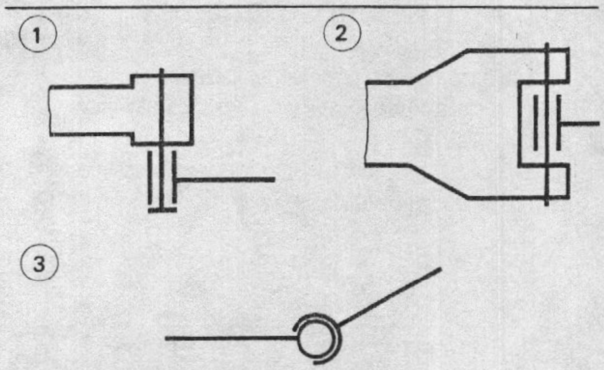
Detalle de las estrías (escala: 3)



Perfil de las estrías



39 Articulaciones



Las articulaciones son mecanismos de enlace que dejan ciertas libertades de movimiento a las piezas ensambladas.

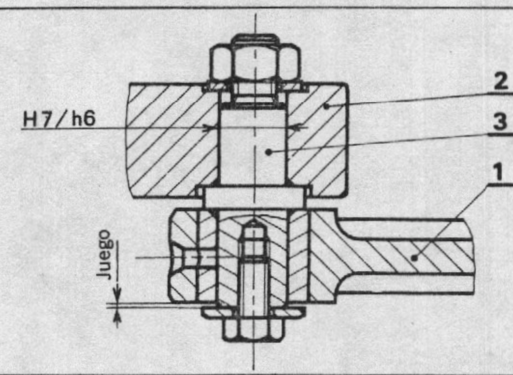
El movimiento relativo es un giro:

- **Alrededor de un eje**, la articulación se llama **«cilíndrica»**; puede ser en voladizo (fig. 1) o de horquilla (fig. 2).
- **Alrededor de un punto,** la articulación se llama **«esférica»** o de **«rótula»** (fig. 3).

39■1 Articulaciones cilíndricas

39■2 Articulaciones en voladizo

El árbol **3** está solicitado en malas condiciones desde el punto de vista de deformaciones (un extremo empotrado) y de resistencia mecánica (una sección o cortadura). La figura contigua da un ejemplo adecuado para esfuerzos medianos.

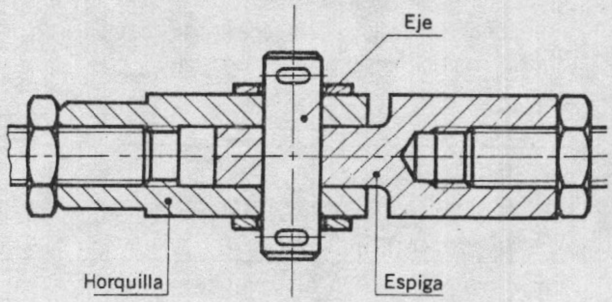


39■12 Articulaciones de horquilla

Respecto al caso precedente, el árbol está solicitado en mejores condiciones desde el punto de vista de deformaciones (dos empotramientos) y de resistencia mecánica (dos secciones a cortadura).

Este tipo de articulación se emplea sobre todo para los movimientos alternativos de oscilación:

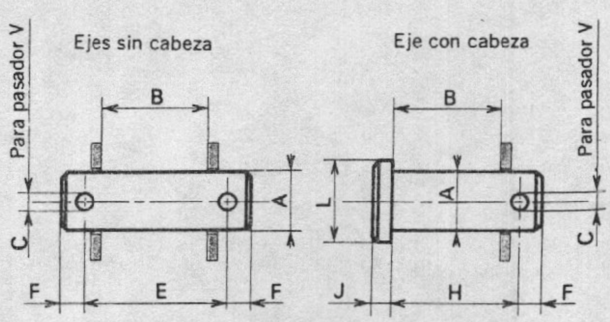
- sistema biela-manivela (motor, limadora, etc.).
- mando a distancia para timonerías (construcción de automóviles, material agrícola, etc.).



NORMALIZACIÓN DE LOS MANDOS PARA TIMONERÍAS

A	B	C	E	F	H	J	L	Pasador V
4	8,5	2	11,1	2,5	9,8	1,8	6	1,5 × 12
5	10,5	2	13,5	2,5	12	1,8	7	1,5 × 12
6	12,5	2,5	16,5	3	14,5	2,5	9	2 × 15
8	16,5	2,5	21	3	18,7	2,5	11	2 × 20
10	20,5	3,5	27	4,5	23,7	3,5	14	3 × 25
12	24,5	3,5	32	4,5	28,2	3,5	18	3 × 25
14	29	5	37	6	33	4,5	20	4 × 35
16	33	5	42	6	37,5	4,5	22	4 × 35

EJES DE LA HORQUILLA NF R 126-0!



Ejemplo de designación de un eje sin cabeza, de cota **A** = 10:

Eje de 10, sin cabeza, R 126-09

A	B	D	F	G	H	J	K
4	M 4	7	5	8	4,2	8	12
5	M 5	9	6	10	5,2	10	14
6	M 6	10	7	12	6,2	12	16
8	M 8	14	10	16	8,2	16	20
10	M 10	18	12	20	10,2	20	27
12	M 12	20	14	24	12,2	24	33
14	M 14	24	16	28	14,2	28	36
16	M 16	26	19	32	16,2	32	42

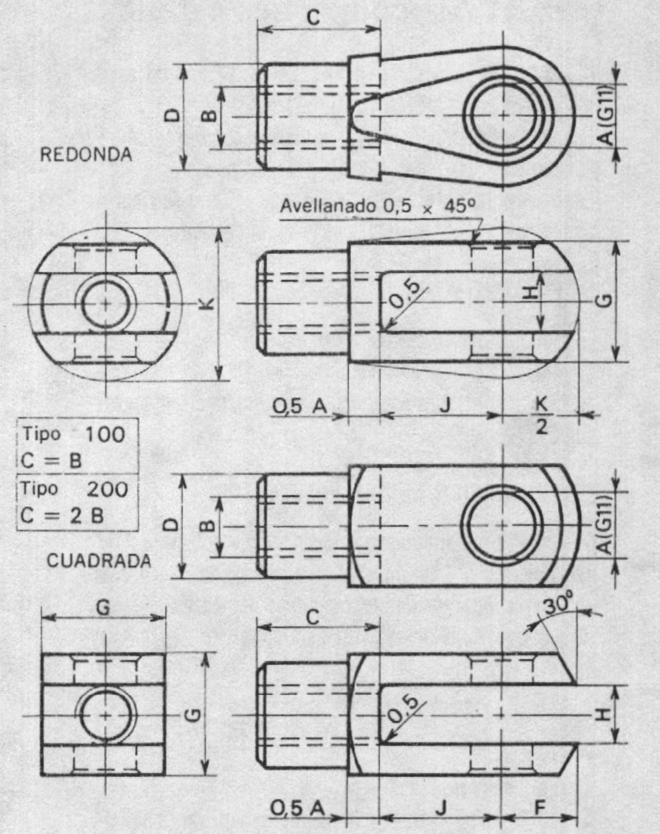
Se distinguen dos tipos de hoquillas: las redondas y las cuadradas.

Cada forma se fabrica según dos tipos:

- **el tipo 100** (longitud roscada C = B)
- **el tipo 200** (longitud roscada C = 2B).

Ejemplo de designación dimensional de una horquilla de tipo 200 y de cota **A** = 10:
Horquilla de 10, tipo 200, R 126-08

OBSERVACIÓN:
Las horquillas cuadradas o redondas de la misma designación son intercambiables.



39■13 Articulaciones elásticas

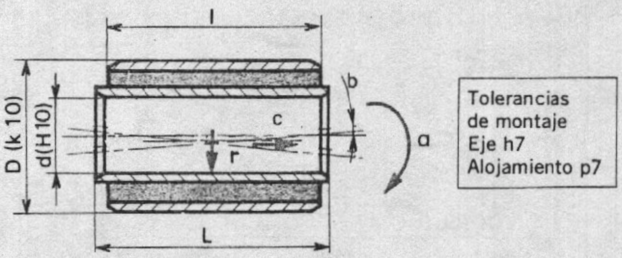
Estas articulaciones se componen de dos tubos metálicos cocéntricos ligados entre sí por un elastómero. El elastómero puede soportar:

- deformaciones de torsión (a) por la acción de pares axiles (Ma),
- deformaciones cónicas (b) por la acción de pares radiales (Mb),
- deformaciones axiles (c) por la acción de fuerzas axiles (Fc),
- deformaciones radiales (p) por la acción de fuerzas radiales (Fp).

Además, estas articulaciones absorben bien las vibraciones y son silenciosas.

Las características indicadas en la tabla contigua corresponden a las articulaciones «Artibloc» fabricadas para un elastómero de dureza Shore 60.

MONTAJE:
En general el aro exterior se monta forzado en el alojamiento y el aro interior se aprieta según el eje.



d	D	L	l	Ma m∧daN	a grados	Mb m∧daN	b grados	Fc daN	c mm	Fp daN	p mm
8	20	17	15	0,20	15,5	0,15	3,7	20	1,12	57	0,33
10	24	24	18	0,38	13,4	0,27	4,1	31	1,27	84	0,43
12	25	34	30	0,78	14	1,40	2,1	56	1,32	263	0,38
14	30	30	25	0,96	12,2	0,80	3,3	51	1,30	185	0,48
16	32	40	36	1,55	14,1	2,40	2,1	86	1,72	372	0,45
18	36	46	40	2,10	14,5	3,10	2,3	106	2	438	0,55
20	32	23	20	1,40	6,6	1,05	2,1	64	0,90	398	0,25
22	40	62	56	2,50	5,8	6,50	1,7	129	1,22	660	0,55
28	63	55	50	3,40	8	3,30	4,5	141	2,54	370	1,30
32	52	66	60	5,75	4,3	11,90	1,4	201	1,20	1 125	0,50
36	70	62	56	5,90	7,1	5,40	3,8	200	2,60	547	1,25
40	85	90	85	21,70	14,3	24,70	3,4	507	4,90	1 650	1,70

39.2 Articulaciones esféricas

El estudio se limita a las rótulas normalizadas (recomendación AICMA n.º 3151).

Las rótulas pueden soportar movimientos basculantes u oscilaciones en todas las direcciones que pasen por el centro de la esfera. Pueden soportar grandes cargas dinámicas y cargas estáticas muy importantes.

MATERIALES: Acero de rodamientos 100 C 6.

Las superficies sujetas a rozamientos se tratan con bisulfuro de molibdeno (rótulas SKF). De esta manera se pueden utilizar para numerosas aplicaciones sin engrase suplementario.

DETERMINACIÓN DE UNA RÓTULA

C = carga radial dinámica admisible y válida para 2.000 oscilaciones sin lubricación suplementaria. Se obtiene una mayor duración con lubricación o una carga inferior.
Co = carga radial estática admisible

$$Co \approx 10\,C \text{ (véase la tabla)}$$

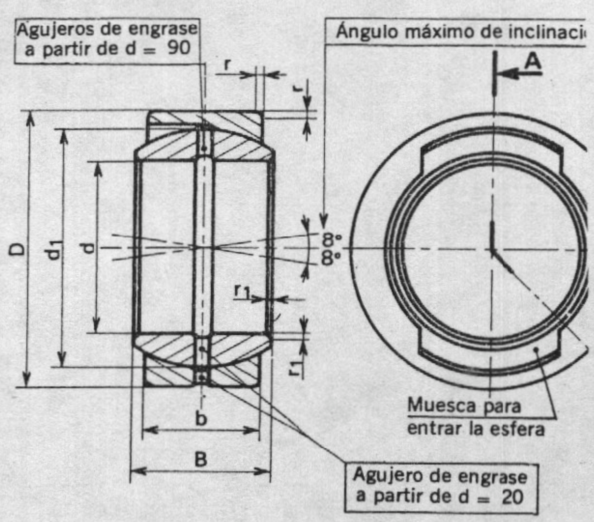
Carga equivalente P

Si una rótula soporta simultáneamente una carga radial Fr y una carga axil Fa, se determina una carga radial ficticia P que da para la rótula las mismas fatigas que las cargas reales.

$$P = Fr + 6\,Fa$$

P será inferior a C o Co según que la aplicación sea dinámica o estática.

TOLERANCIAS RECOMENDADAS		
Cargas	**Árbol**	**Alojamiento**
Moderadas	j 6	J 7
Elevadas (rótula con juego C 3)	m 6-k 6	K 7-M 7



Designación*	d	D	b	B	d_1	r	r_1	Co**
GE 4 D	4	12	3	5	8	0,5	0,5	1 200
GE 5 D	5	14	4	6	10	0,5	0,5	2 000
GE 6 D	6	14	4	6	10	0,5	0,5	2 000
GE 8 D	8	16	5	8	13	0,5	0,5	3 200
GE 10 D	10	19	6	9	16	1	1	4 800
GE 12 D	12	22	7	10	18	1	1	6 300
GE 15 D	15	26	9	12	22	1	1	9 900
GE 17 D	17	30	10	14	25	1	1	12 500
GE 20 DS	20	35	12	16	29	1,5	1	17 400
GE 25 DS	25	42	16	20	35,5	1,5	1	28 400
GE 30 DS	30	47	18	22	40,7	1,5	1	36 600
GE 35 DS	35	55	20	25	47	1,5	1	47 000
GE 40 DS	40	62	22	28	53	1,5	1,5	58 000
GE 45 DS	45	68	25	32	60	1,5	1,5	75 000
GE 50 DS	50	75	28	35	66	1,5	1,5	92 000
GE 60 DS	60	90	36	44	80	1,5	1,5	144 000
GE 70 DS	70	105	40	49	92	1,5	1,5	184 000
GE 80 DS	80	120	45	55	105	1,5	1,5	236 000
GE 90 DSS	90	130	50	60	115	2	1,5	285 000

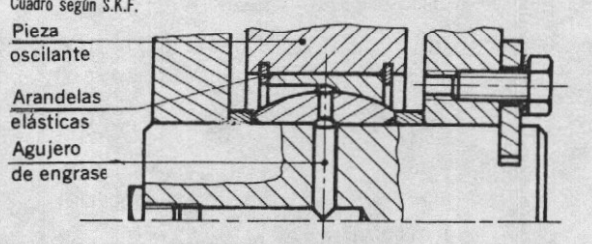
*En caso ue cargas elevadas las rótulas han de tener un juego interno mayor (designación auxiliar C3).
**Co = carga radial estática admisible en decanewtons

Cuadro según S.K.F.

EJEMPLOS DE FIJACIONES LATERALES:

Fijación por arandelas elásticas

Esta fijación es generalmente la más utilizada por su sencillez.



Orientar las ranuras del aro exterior de manera que se sitúen en la zona de menor carga.

40■442 Casquillos de bolas*

Los casquillos de bolas se componen esencialmente de un manguito exterior, de bolas y de sus jaulas de guía.

Cada jaula constituye un circuito independiente con ida y vuelta de las bolas. Durante el camino de vuelta, las bolas dejan de ser portantes.

Estos casquillos son aptos para cualquier longitud de recorrido. En cambio, no admiten movimientos de giro.

Se distinguen dos tipos de casquillos: los ajustables y los abiertos.

CASQUILLOS AJUSTABLES

Tienen una hendidura longitudinal que permite, por medio de un alojamiento adecuado (véase fig. 3) un ajuste del juego radial entre el árbol y el casquillo.
Se fabrican con o sin junta hermética. Los casquillos con junta hermética presenta una fuerza axil de rozamiento incompatible con las aplicaciones que exigen una gran sensibilidad.

CASQUILLOS ABIERTOS

Los casquillos abiertos permiten remediar la flexión de árboles de gran longitud. En efecto, el ancho de la ranura permite colocar apoyos tan juntos como sea necesario (véase fig. 4).

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES						
Eje guía					**Alojamiento**	
Dureza: HRc ≥ 60 Acabado superficial: Ra ≤ 0,4 Tolerancia: h 7					Tolerancia H 7	
d	**D**	**B**	**C**	**E_1**	**E_2**	**Anillo retención**
5	12	22	12	1,5	—	12 × 1
8	16	25	14	1,5	—	16 × 1
12	22	32	20	1,5	8	22 × 1,2
16	26	36	22	1,5	10,5	27 × 1,2
20	32	45	28	2	11	33 × 1,5
25	40	58	40	2	14,5	42 × 1,75
30	47	68	48	2	14,5	48 × 1,75
40	62	80	56	2	19	62 × 2
50	75	100	72	3	24	75 × 2,5
60	90	125	95	3	28,5	90 × 3
80	120	165	125	3	38	120 × 4

*El estudio se refiere a casquillos «Star», patente Thomson.

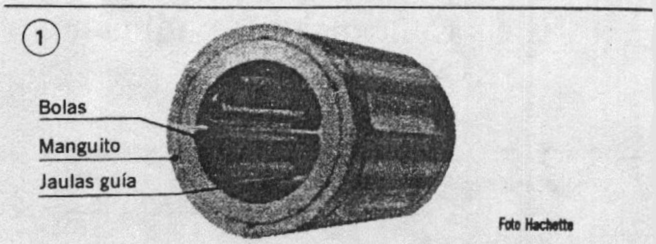
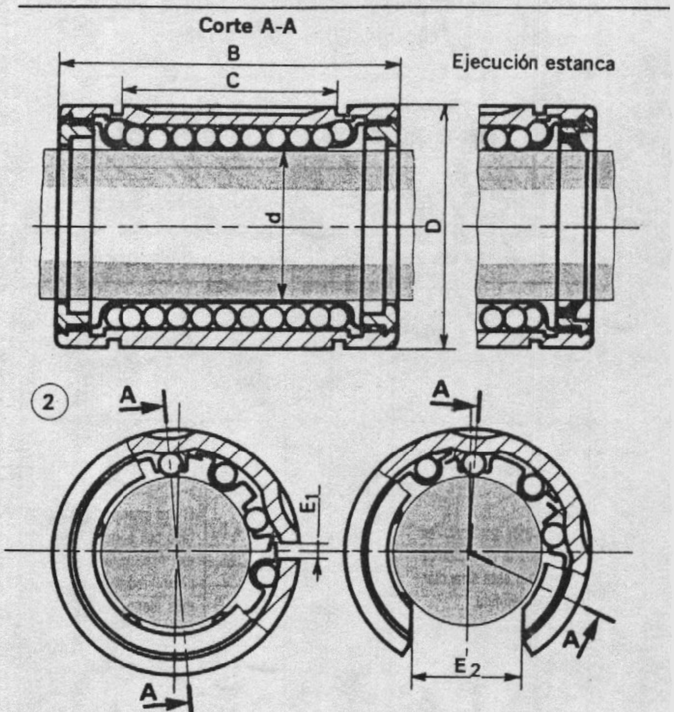
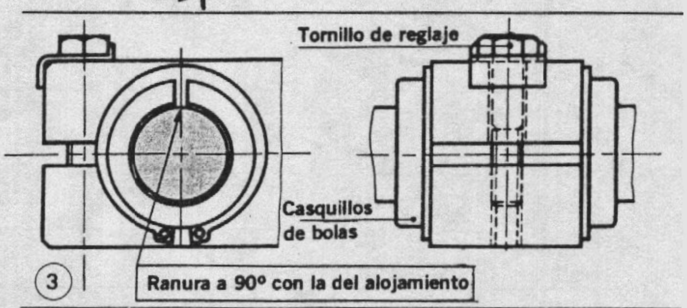
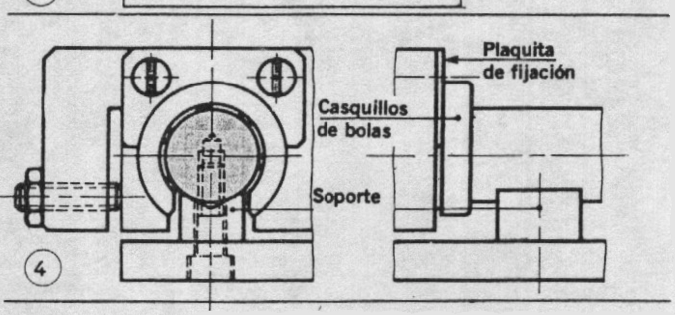


Foto Hachette







40■5 Concepción de un montaje con rodamientos

40■51 Ajustes

Los ajustes necesarios para el montaje correcto de un rodamiento se obtienen haciendo variar las tolerancias de los asientos y de los mandrinados de los alojamientos.

El aro giratorio con respecto a la carga de un rodamiento debe ajustarse con apriete.

El apriete es necesario para evitar que el aro gire sobre su asiento o en su alojamiento. Este fenómeno se llama «rodadura». En general, el ajuste con apriete sigue siendo necesario aún cuando el aro está apretado lateralmente.

El aro fijo de un rodamiento con respecto a la dirección de la carga se monta deslizante.

Las tolerancias indicadas en las tablas que siguen valen para alojamientos de fundición o de acero. Para alojamientos de aleaciones ligeras o de paredes delgadas, elegir un ajuste más apretado. Para los rodamientos de agujas, véase las tablas 40.80 y 40.81.

TOLERANCIAS PARA LOS EJES			
Condiciones de empleo	**Carga**	**Tolerancias**	**Observaciones**
Aro interior fijo en relación con el sentido de la carga.	Constante	g 6	El aro interior puede deslizar sobre el eje.
	Variable	h 6	
Aro interior giratorio en relación a la dirección de la carga o esta dirección no está definida.	Débil y variable	h 5 j 5 - j 6	El aro interior está ajustado con apriete sobre el eje. A partir de m 5 emplear rodamientos con más juego interior.
	Normal	k 5 - k 6	
	Importante	m 5 - m 6	
	Importante con impactos	n 6 p 6	
Cojinete axial de bolas.	Axil	j 6	

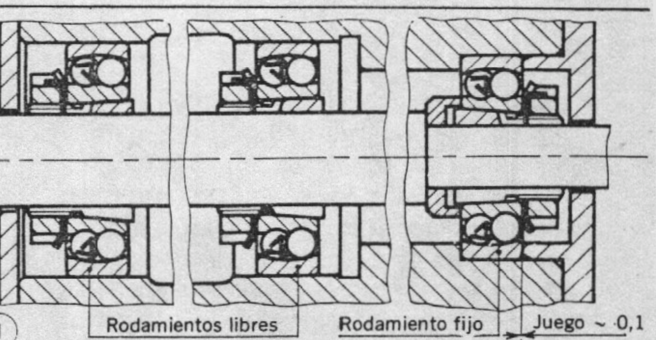
TOLERANCIAS PARA LOS ALOJAMIENTOS			
Condiciones de empleo	**Carga**	**Tolerancias**	**Observaciones**
Aro exterior giratorio en relación con la dirección de la carga.	Importante con impactos	P 7	El aro exterior no puede deslizar sobre el alojamiento.
	Normal o importante	N 7	
	Débil y variable	M 7	
Dirección de la carga sin definir.	Importante o normal	K 7	
Aro exterior fijo en relación con la dirección de la carga.	Importante con impactos	J 7	El aro exterior puede deslizar sobre el alojamiento.
	Normal	H 7	
	Normal (mecánica ordinaria)	H 8	
Cojinete axil de bolas.	Axial	H 8	

Desviaciones en μ a 20° C	g6	h5	h6	j5	j6	k5	k6	m5	m6	n6	p6	H7	H8	J7	K7	M7	N7	P7
hasta 3	− 2 − 8	0 − 4	0 − 6	+ 2 − 2	+ 4 − 2	+ 4 0	+ 6 0	+ 6 + 2	+ 8 + 2	+ 10 + 4	+ 12 + 6	+ 10 0	+ 14 0	+ 4 − 6	0 − 10	− 2 − 12	− 4 − 14	− 6 − 16
más de 3 hasta 6	− 4 − 12	0 − 5	0 − 8	+ 3 − 2	+ 6 − 2	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+ 9 + 4	+ 12 + 4	+ 16 + 8	+ 20 + 12	+ 12 0	+ 18 0	+ 6 − 6	+ 3 − 9	0 − 12	− 4 − 16	− 8 − 20
más de 6 hasta 10	− 5 − 14	0 − 6	0 − 9	+ 4 − 2	+ 7 − 2	+ 7 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 6	+ 15 + 6	+ 19 + 10	+ 24 + 15	+ 15 0	+ 22 0	+ 8 − 7	+ 5 − 10	0 − 15	− 4 − 19	− 9 − 24
más de 10 hasta 18	− 6 − 17	0 − 8	0 − 11	+ 5 − 3	+ 8 − 3	+ 9 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 7	+ 18 + 7	+ 23 + 12	+ 29 + 18	+ 18 0	+ 27 0	+ 10 − 8	+ 6 − 12	0 − 18	− 5 − 23	− 11 − 29
más de 18 hasta 30	− 7 − 20	0 − 9	0 − 13	+ 5 − 4	+ 9 − 4	+ 11 + 2	+ 15 + 2	+ 17 + 8	+ 21 + 8	+ 28 + 15	+ 35 + 22	+ 21 0	+ 33 0	+ 12 − 9	+ 6 − 15	0 − 21	− 7 − 28	− 14 − 35
más de 30 hasta 50	− 9 − 25	0 − 11	0 − 16	+ 6 − 5	+ 11 − 5	+ 13 + 2	+ 18 + 2	+ 20 + 9	+ 25 + 9	+ 33 + 17	+ 42 + 26	+ 25 0	+ 39 0	+ 14 − 11	+ 7 − 18	0 − 25	− 8 − 33	− 17 − 42
más de 50 hasta 80	− 10 − 29	0 − 13	0 − 19	+ 6 − 7	+ 12 − 7	+ 15 + 2	+ 21 + 2	+ 24 + 11	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 51 + 32	+ 30 0	+ 46 0	+ 18 − 12	+ 9 − 21	0 − 30	− 9 − 39	− 21 − 51
más de 80 hasta 120	− 12 − 34	0 − 15	0 − 22	+ 6 − 9	+ 13 − 9	+ 18 + 3	+ 25 + 3	+ 28 + 13	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 59 + 37	+ 35 0	+ 54 0	+ 22 − 13	+ 10 − 25	0 − 35	− 10 − 45	− 24 − 59

40.52 Fijación lateral

PRINCIPIO GENERAL

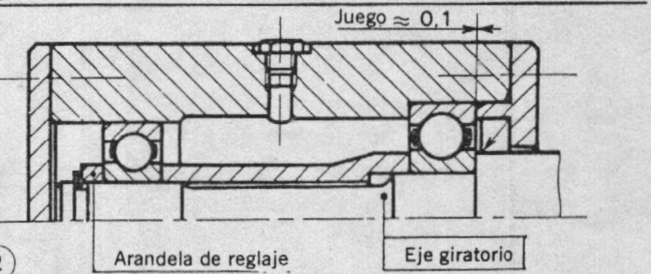
Para evitar a los rodamientos de un mismo árbol una oposición mutua debida a las tolerancias de fabricación o a las dilataciones, sólo un rodamiento, llamado «rodamiento fijo», asegura la posición axil del árbol. Los demás rodamientos, llamados «rodamientos libres», toman por sí mismos la posición adecuada.



(1)

CONSECUENCIAS:

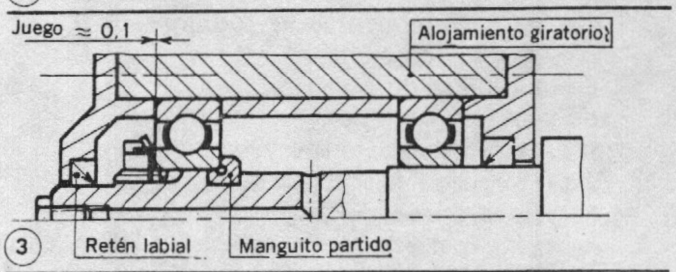
- El rodamiento fijo ha de mantenerse fijo lateralmente a su alojamiento y a su asiento a la vez.
- Si los rodamientos libres utilizados no permiten el desplazamiento axil relativo de sus aros, el aro fijo con respecto a la dirección de la carga debe montarse deslizante y no fijarse lateralmente.



(2)

EJEMPLOS DE APLICACIÓN:

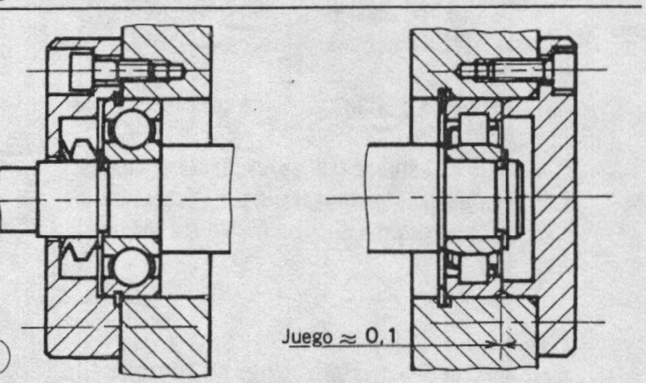
- **Árbol giratorio, carga de dirección fija** (fig. 2). Los dos aros interiores están fijados lateralmente. Uno de los rodamientos tiene su aro exterior deslizante para permitirle situarse libremente.
La necesidad de la arandela de ajuste se justifica en 19.44.
- **Alojamiento giratorio, carga de dirección fija** (fig. 3). Al contrario que en el caso anterior, son los dos aros exteriores los que están fijos lateralmente. El aro interior de uno de los rodamientos es deslizante.



(3)

EJEMPLOS DE FIJACIONES LATERALES:

- Se consigue una fijación lateral económica y particularmente eficaz por medio de una tuerca de bloqueo ranurada y una arandela de seguridad para el aro interior (fig. 1 y 3), y con una tapa para el aro exterior.
- Otra solución también muy sencilla y que ocupa poco espacio, particularmente adecuada para el caso de pequeñas cargas axiles, puede obtenerse con anillos elásticos (fig. 2 y 4).

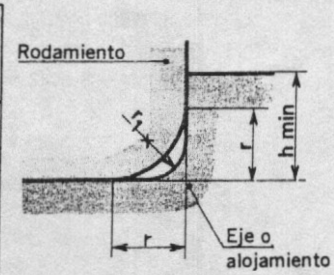


(4)

ALTURA MÍNIMA DE LOS APOYOS (NF E 22-301)

La diversidad de los rodamientos no ha permitido indicar su altura máxima. Si, excepcionalmente, la altura del apoyo sobrepasa en algo la del aro, prever ranuras para permitir la extracción del rodamiento (véase página 181, 2.ª figura).

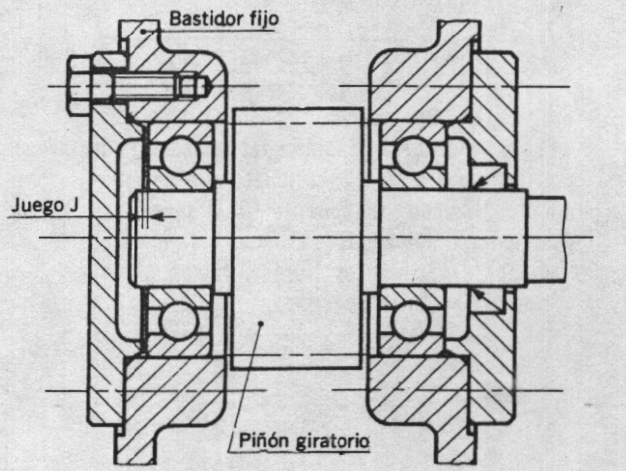
r nominal	r_1 max	h min	r nominal	r_1 max	h min
0,5	0,3	1	2,5	1,6	4,5
1	0,6	2,5	3	2	5
1,5	1	3	3,5	2	6
2	1	3,5	4	2,5	7



40.53 Casos particulares

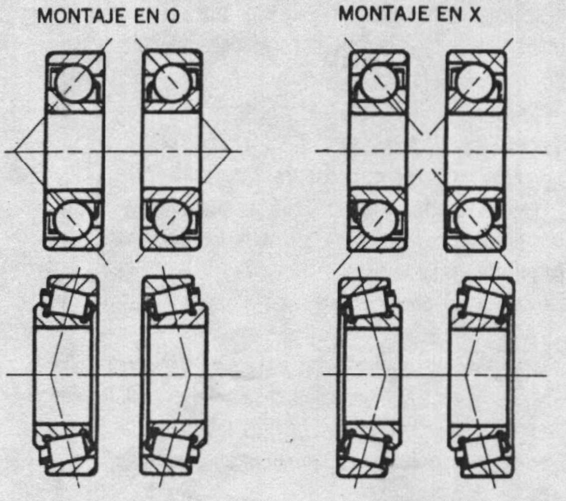
40.531 Carga axil en un solo sentido o sin carga axil

Para simplificar la construcción, es posible limitarse a apoyar los aros contra unos resaltes. **Los rodamientos se montan en oposición.** El rodamiento que soporta la carga axil tiene sus dos aros en contacto con los apoyos correspondientes. Para evitar tensiones debidas a las tolerancias de fabricación o a las dilataciones, se prevé un juego J de algunas décimas de milímetro entre el aro deslizante y su apoyo.



40.532 Rodamientos de rodillos cilíndricos o de agujas

Por su construcción permiten un desplazamiento axil libre del árbol. Por lo tanto se inmovilizan los dos aros de estos rodamientos (véase 40.52, fig. 4).



40.533 Rodamientos de rodillos cónicos y rodamientos de una hilera de bolas de contacto oblicuo

Se utilizan corrientemente por pares y montados en oposición. La posición axil del árbol queda determinada por los dos rodamientos. Las condiciones de montaje obedecen a reglas particulares. Para los casos corrientes se distinguen dos tipos principales de montaje:

- **montaje en X** (utilizado corrientemente en el caso de árbol giratorio),
- **montaje en O** (utilizando corrientemente en el caso de alojamiento giratorio).

El montaje de estos rodamientos requiere un ajuste del juego de funcionamiento. Debe efectuarse actuando sobre los aros deslizantes de los rodamientos.

EJEMPLOS:

- **Árbol «corto» giratorio, carga de dirección fija.**

El ajuste del juego se efectúa por medio de cuñas reguladoras de papel metalizado. Estas cuñas pueden sustituirse con ventaja por una cuña Altermill (precisión del ajuste 0,05).

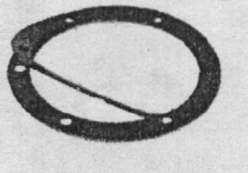
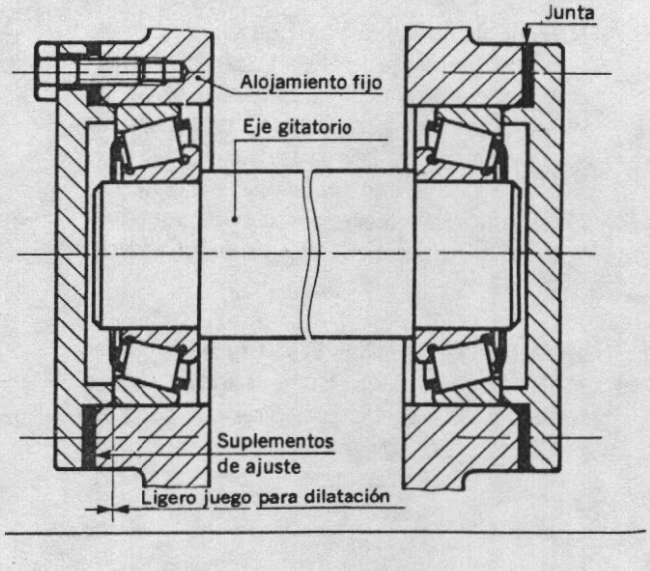
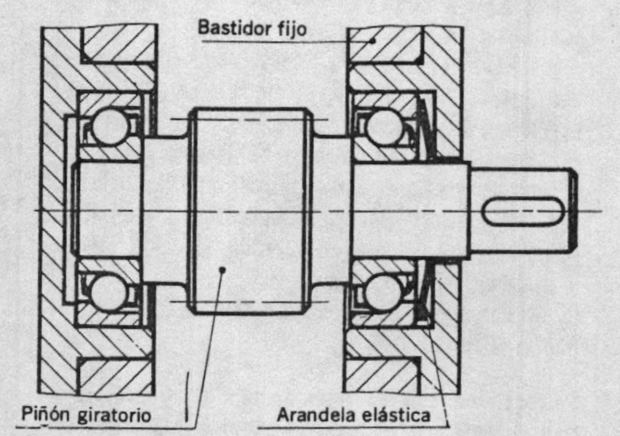


Foto Hachette

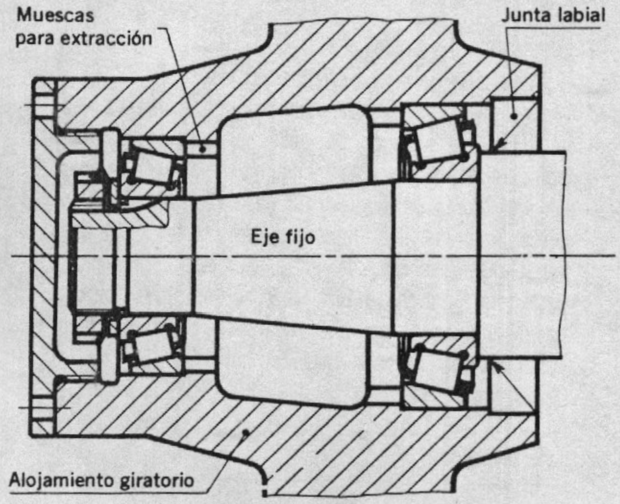


■ **Arbol «largo» giratorio, carga de dirección fija.** Si los rodamientos están a gran distancia el uno del otro, se evitarán las tensiones debidas a la dilatación efectuando el apriete axil por medio de un dispositivo elástico (muelle helicoidal, arandela elástica, patín de caucho, etc.).

En el comercio existen arandelas estudiadas especialmente para rodamientos de bolas de contacto oblicuo* Estas arandelas permiten además un reajuste automático del juego de funcionamiento. Amortiguan con eficacia el ruido en los árboles que giran a gran velocidad. La arandela elástica debe montarse de manera que se oponga el esfuerzo axil más débil. Se fabrican para rodamientos con un diámetro interior comprendido entre 5 y 140 mm. Se recomienda también este tipo de montaje para rodamientos de una hilera de bolas de contacto radial que giren a gran velocidad.



■ **Alojamiento giratorio, carga de dirección fija.** Se obtiene un ajuste simple y preciso con tuerca ranurada y arandelas de seguridad (tabla 40.88). Entre la arandela de seguridad y el aro interior hay que intercalar una arandela plana para obtener una presión de contacto uniforme. Esta arandela se inmoviliza en el sentido del giro por medio de una lengüeta alojada en una ranura del árbol.



40■534 Montaje de los cojinetes axiles

Un cojinete axil sólo soporta cargas axiles. No puede guiar un árbol giratorio.

De ello resulta que el soporte de las cargas radiales y la guía para el giro han de asegurarse por medio de rodamientos o por un cojinete liso, según el valor de las cargas y de la velocidad. La tolerancia HB (tabla del párrafo 40.51) determina con la (o las) arandela del alojamiento un ajuste «libre». El montaje de un cojinete axil en un árbol horizontal requiere algunas precauciones particulares (véase el ejemplo siguiente).

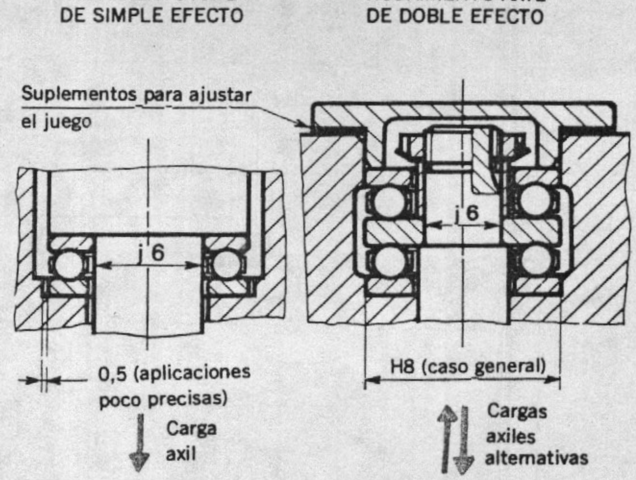


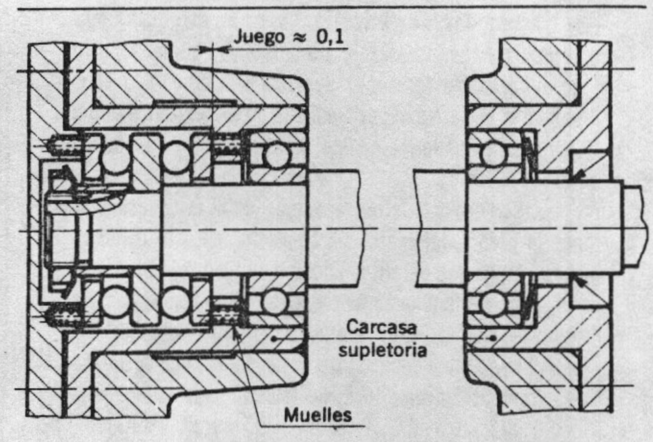
Foto Hachette



*Arandelas Ringspann del tipo «estrella».

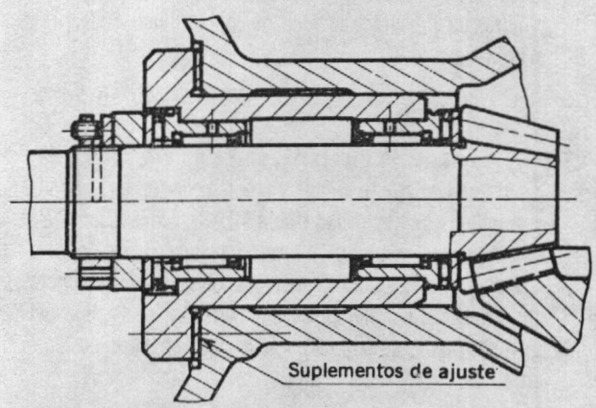
Ejemplo de montaje de un cojinete axil en un árbol horizontal.
Con objeto de evitar que las arandelas de alojamiento se descentren por la acción de su propio peso o por la de eventuales de vibraciones, es necesario que el cojinete esté constantemente bajo carga. Se asegura una carga mínima por medio de un dispositivo elástico (muelle helicoidal, arandela elástica, patín de caucho, etc.). Corrientemente se toma: $F \approx C_0/1000$, en que
F = carga axil sobre el cojinete.
C_0 = carga estática de base del cojinete.
(tablas 40.85 y 86).

Se recomienda la inserción de un alojamiento postizo si facilita el mecanizado o si el alojamiento está situado en una carcasa de dos piezas.



40.535 Montaje de rodamientos combinados

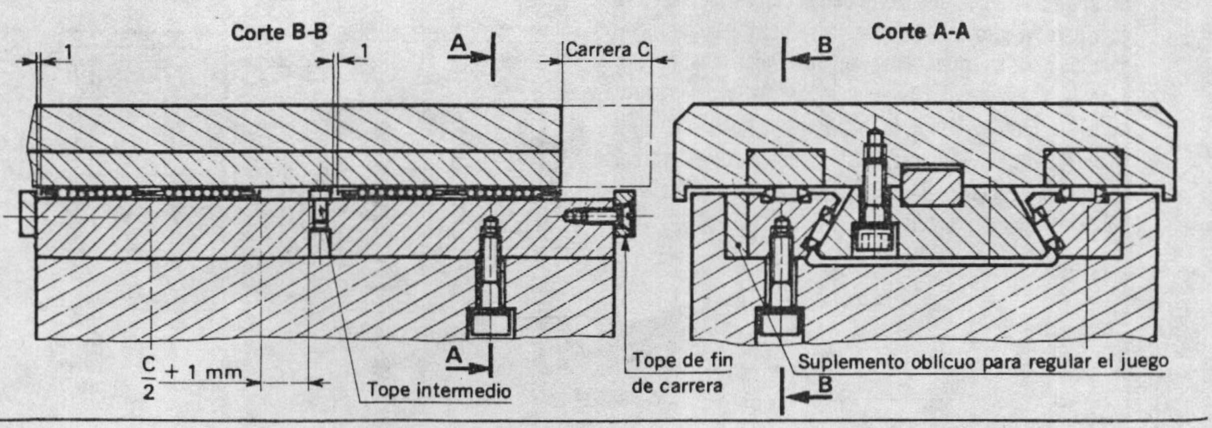
Corrientemente se utilizan por pares y montados «en oposición». La posición axil del árbol la determinan los dos rodamientos. El ajuste del juego axil se puede obtener con una tuerca de seguridad (véase capítulo 36). Con objeto de obtener una presión uniforme se interpone una arandela de gran espesor centrada en el árbol. La cuña reguladora sirve para situar los conos primitivos de las ruedas cónicas de manera que sus vértices coincidan (condición para un buen engranaje).



40.536 Montaje de las correderas sobre agujas

La carrera de las correderas sobre agujas es igual a la mitad del desplazamiento relativo entre los dos elementos de contacto.

Se prevén unos topes encada extremo de la guía. Si es necesario se pueden unir varias correderas por sus extremos.
Si se prevén varios grupos de correderas, hay que colocar un tope intermedio.



40.6 Determinación de las dimensiones de un rodamiento NFE 22-381 y 382

Elegido un tipo de rodamiento a partir de sus posibilidades y de sus condiciones de montaje, falta determinar sus dimensiones. Se procede corrientemente a partir de los siguientes elementos.

- velocidad de giro n, en revoluciones por minuto (r.p.m.),
- carga P (véase 40.62), en decanewtons (daN).

Entonces se puede determinar:

- la duración nominal L_h, en horas de funcionamiento,
- las dimensiones, calculando la carga dinámica de base C, pero hay que fijarse una duración nominal requerida L_h (a cada tipo de rodamiento le corresponde por sus dimensiones una carga dinámica de base –véanse tablas 40.71 y siguientes).

Estos distintos elementos están ligados por las siguientes relaciones:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^k \qquad L_h = \frac{16\,666}{n}\left(\frac{C}{P}\right)^k$$

L_h = duración nominal, en millones de vueltas (duración alcanzada o sobrepasada por el 90 % de los rodamientos),
L = expresa la misma duración nominal, en horas de funcionamiento,
n = velocidad de giro, en revoluciones por minuto (r.p.m.),
C = carga dinámica de base, en decanewtons (daN),
P = carga dinámica equivalente, en decanewtons (40.62),
k = 3 para los rodamientos y topes de bolas,
$k = \frac{10}{3}$ para los rodamientos y topes de rodillos.

40.61 Velocidad de giro

La velocidad de giro máxima admisible para un rodamiento dado se indica en las tablas 40.71 y siguientes. Puede sobrepasarse para rodamientos de fabricación especial (tolerancias reducidas, forma y material de la jaula, etc.).

40.62 Carga dinámica equivalente P

Las fórmulas anteriores se han establecido para una carga P constante y radial. Con objeto de utilizar estas fórmulas para un rodamiento sometido a solicitaciones distintas se establece, a partir de las cargas realmente soportadas por el rodamiento, una carga radial ficticia P (llamada «carga dinámica equivalente»), aplicable en las fórmulas y que da, desde el punto de vista de duración, un valor comparable a la que tendrá el rodamiento en las condiciones reales de funcionamiento.

DETERMINACIÓN DE LA CARGA DINÁMICA EQUIVALENTE P

Rodamientos de bolas o de rodillos (con excepción de los rodillos cilíndricos).
Para un rodamiento sometido a una **carga cualquiera pero constante en intensidad y dirección,** la carga dinámica equivalente P viene dada por la relación:

$$P = (X.V.F_r) + (Y.F_a)$$

F_r carga radial, en decanewtons,
F_a carga axil, en decanewtons,
X factor de giro,
V factor de giro,
Y factor axil

Rodamientos de rodillos cilíndricos o de agujas.
Los tipos que tienen uno de sus aros sin resalte no soportan ninguna carga axil. La carga dinámica equivalente P es, en este caso, igual a la carga radial.

$$P = F_r$$

Rodamientos axiles de rodillos cilíndricos o de agujas.
Los tipos corrientes no soportan ninguna carga radial. La carga dinámica equivalente P es en este caso igual a la carga axil.

$$P = F_a$$

Estudiar las tablas y los ejemplos de cálculo de los párrafos siguientes.

CUADRO 40.63	COEFICIENTES X e Y

RODAMIENTOS DE UNA HILERA DE GARGANTA PROFUNDA

		$\frac{F_a}{V.F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V.F_r} > e$		e
		X	Y	X	Y	
$\frac{F_a}{C_o}$	0,025	1	0	0,56	2	0,22
	0,04				1,8	0,24
	0,07				1,6	0,27
	0,13				1,4	0,31
	0,25				1,2	0,37
	0,5				1	0,44

RODAMIENTO DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR

	$\frac{F_a}{V.F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V.F_r} > e$		e
	X	Y	X	Y	
De una hilera de bolas dispuestas en X ó en O	1	0,55	0,57	0,93	1,14
De dos hileras de bolas dispuestas en X ó en O	1	0,73	0,62	1,17	0,86

RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS

		$\frac{F_a}{V.F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V.F_r} > e$		e
Series dimensionales	Agujero d	X	Y	X	Y	
02	17 a 20	1	0	0,4	1,75	0,34
	25 a 40				1,60	0,37
	45 a 110				1,45	0,41
22	30 a 40	1	0	0,4	1,60	0,37
	45 a 110				1,45	0,41
03	15 a 17	1	0	0,4	2,10	0,28
	20 a 35				1,95	0,31
	40 à 120				1,75	0,34

RODAMIENTO OSCILANTE DE BOLAS

		$\frac{F_a}{V.F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V.F_r} > e$		e
Series dimensionales	Agujero d	X	Y	X	Y	
02	5 a 9	1	1,8	0,65	2,8	0,34
	10 a 17		2		3,1	0,31
	20 a 25		2,3		3,6	0,27
	30 a 35		2,7		4,2	0,23
	40 a 45		2,9		4,5	0,21
	50 a 60		3,4		5,2	0,19
	65 a 110		3,6		5,6	0,17
22	10 a 20	1	1,3	0,65	2	0,50
	25 a 35		1,7		2,6	0,37
	40 a 45		2		3,1	0,31
	50 a 65		2,3		3,5	0,28
	70 a 100		2,4		3,8	0,26
03	10 a 17	1	1,8	0,65	2,8	0,34
	20 a 25		2,2		3,4	0,29
	30 a 45		2,5		3,9	0,25
	> 50		2,8		4,3	0,23

RODAMIENTO OSCILANTE DE AGUJAS

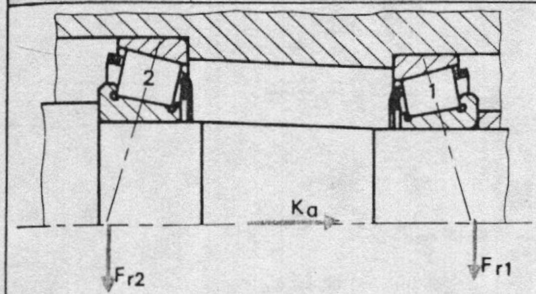
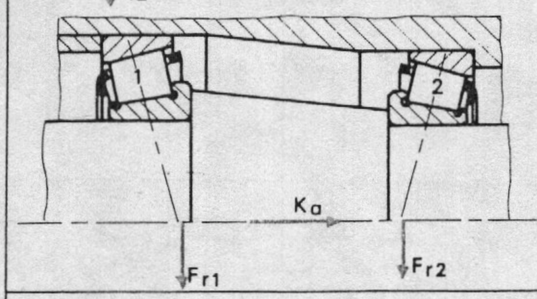
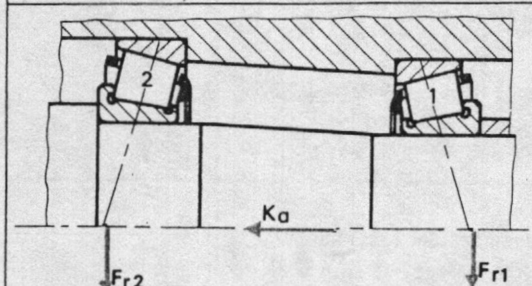
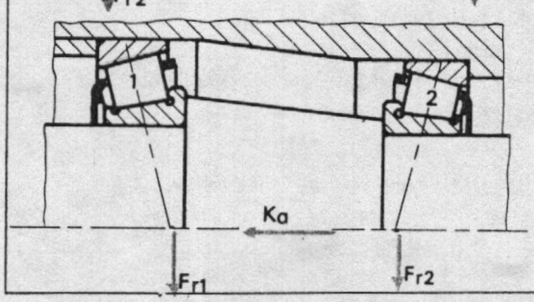
		$\frac{F_a}{V.F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V.F_r} > e$		e
Series dimensionales	Agujero d	X	Y	X	Y	
23	40 a 50	1	1,8	0,67	2,7	0,37
	55 a 75		1,9		2,9	0,35
	> 80		2		3	0,34

COEFICIENTE DE GIRO V	RODAMIENTOS oscilante de bolas con aro exterior separable	Todos los demás rodamientos
Aro interior giratorio en relación con la carga	1	1
Aro interior inmóvil en relación con la carga	1	1,2

Según S.K.F.

40.64 Carga axil para rodamientos de contacto oblicuo

Si se montan rodamientos de contacto oblicuo (de bolas o de rodillos cónicos) «en oposición», la carga radial aplicada sobre un rodamiento da lugar a un empuje axil que actúa sobre el otro rodamiento. La tabla 40.64 indica el método de cálculo para los distintos montajes «en oposición» (se da una aplicación en 40.653).

CUADRO	CARGA AXIL PARA RODAMIENTOS DE CONTACTO ANGULAR		
Tipo de montaje		**Condiciones de carga**	**Carga axil**
	1a	$\frac{F_{r1}}{Y_1} \geqslant \frac{F_{r2}}{Y_2}$	$F_{a1} = \frac{0{,}5\,F_{r1}}{Y_1}$ $F_{a2} = F_{a1} + K_a$
	1b	$\frac{F_{r1}}{Y_1} < \frac{F_{r2}}{Y_2}$ $K_a \geqslant 0{,}5 \left(\frac{F_{r2}}{Y_2} - \frac{F_{r1}}{Y_1} \right)$	
	1c	$\frac{F_{r1}}{Y_1} < \frac{F_{r2}}{Y_2}$ $K_a \leqslant 0{,}5 \left(\frac{F_{r2}}{Y_2} - \frac{F_{r1}}{Y_1} \right)$	$F_{a1} = F_{a2} - K_a$ $F_{a2} = \frac{0{,}5\,F_{r2}}{Y_2}$
	2a	$\frac{F_{r1}}{Y_1} \leqslant \frac{F_{r2}}{Y_2}$	$F_{a1} = F_{a2} + K_a$ $F_{a2} = \frac{0{,}5\,F_{r2}}{Y_2}$
	2b	$\frac{F_{r1}}{Y_1} > \frac{F_{r2}}{Y_2}$ $K_a \geqslant 0{,}5 \left(\frac{F_{r1}}{Y_1} - \frac{F_{r2}}{Y_2} \right)$	
	2c	$\frac{F_{r1}}{Y_1} > \frac{F_{r2}}{Y_2}$ $K_a \leqslant 0{,}5 \left(\frac{F_{r1}}{Y_1} - \frac{F_{r2}}{Y_2} \right)$	$F_{a1} = \frac{0{,}5\,F_{r1}}{Y_1}$ $F_{a2} = F_{a1} - K_a$

Según S.K.F.

NOTAS:

- Los valores de Y deben tomarse, en cualquier caso, de la columna $\frac{F_a}{V.F_r} > e$ de la tabla 40.63.
- Las condiciones 1a, 1c, 2a, 2c se aplican también para el caso límite $K_a = 0$.

Se supone la carga exterior K_a aplicada sobre el árbol. Si esta carga se aplica sobre el soporte, hay que elegir en la tabla el caso correspondiente a la misma disposición, pero con la carga K_a dirigida en sentido contrario.

40■65 Ejemplo de cálculo

40■651 Primer ejemplo

Un rodamiento de una hilera de bolas de contacto radial 50 BC 03 soporta una carga radial constante $F_r =$ 600 daN. Está animado de una velocidad de giro n = 900 r.p.m. Calcular su duración nominal en horas.

Determinación de la carga dinámica equivalente P

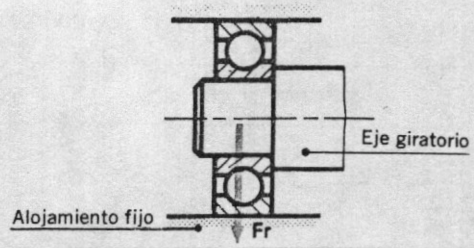
El rodamiento no está sometido a ninguna carga axil. La carga dinámica equivalente P es pues igual a la carga radial F_r, es decir:

$$P = F_r = 600 \text{ daN}.$$

Carga dinámica de base C

El valor de C se indica en la tabla 40.71, es decir:

$$C = 4\,750 \text{ daN}.$$



Duración nominal en horas

Aplíquemos la fórmula $L_h = \frac{16\,666}{n}\left(\frac{C}{P}\right)^k$

con k = 3 (rodamiento de bolas).

Se tiene:

$$L_h = \frac{16\,666}{900}\left(\frac{4\,750}{600}\right)^3 \approx 9\,250 \text{ horas.}$$

40■652 Segundo ejemplo

Un rodamiento de una hilera de bolas de contacto radial está animado de una velocidad de giro n = 800 r.p.m. Soporta una carga radial $F_r =$ 500 daN y una carga axil F_a = 200 daN. La duración de funcionamiento ha de ser al menos de 10.000 horas.

Determinar las dimensiones del rodamiento.

Determinación de la carga dinámica equivalente P

Viene dada por la relación:

$P = (X.V.F) \times (Y.F_a)$.

Según la tabla 40.63, se tiene:

V = 1 (aro interior giratorio con relación a la carga).

A título de ensayo y con reserva de verificación se toma X = 0,56 e Y = 1,8.

Entonces se puede calcular P:

$P = (0{,}56 \times 500) + (1{,}8 \times 200) = 640$ daN.

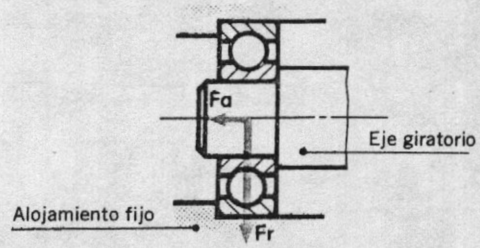
Determinación de la carga dinámica de base C

La fórmula $L_h = \frac{16\,666}{n}\left(\frac{C}{P}\right)^k$ permite escribir:

$$C = P\sqrt[k]{\frac{L_h . n}{16.666}}$$ con k = 3 (rodamiento de bolas).

Sustituyendo las letras por su valor se tiene:

$$C = 640\sqrt[3]{\frac{10\,000 \times 800}{16\,666}} \approx 4\,950 \text{ daN}.$$



Dimensiones del rodamiento

La carga dinámica de base C del rodamiento escogido tendrá que ser superior a 4.950 daN.

Si se considera la serie de dimensiones 03 (tabla 40.71), se tiene: C = 5.500 daN, que corresponde a un rodamiento de diámetro interior d = 55 mm.

Verificación de los valores elegidos para X e Y

Carga estática de base para este rodamiento:

$C_0 = 4.150$ daN (tabla 40.71)

Valor de la relación $\frac{F_a}{C_0}$ $\qquad \frac{F_a}{C_0} = \frac{200}{4\,150} = 0{,}048$

Valor de la relación $\frac{F_a}{V.F_r}$ $\qquad \frac{F_a}{F_r} = \frac{200}{500} = 0{,}4$

En la tabla 40.63 se tiene X = 0,56 y, por interpolación Y ≈ 1,75.

La carga dinámica P sobre el rodamiento es algo inferior a la que ha servido de base para los cálculos.

El rodamiento así determinado puede ser adecuado.

40■653 Tercer ejemplo

El cojinete de la figura adjunta lleva dos rodamientos de rodillos cónicos. La designación del rodamiento **1** es 45 KB 02 y la del rodamiento **2** 50 KB 02. Sobre estos rodamientos se ejercen las cargas siguientes:

$F_{r1} = 600$ daN $F_{r2} = 800$ daN

$K_a = 300$ daN (véase la figura)

Calcular la duración de funcionamiento teórica en horas para cada uno de los rodamientos, sabiendo que la velocidad de giro del árbol es $n = 1.500$ r.p.m.

Cargas dinámicas de base de los rodamientos

Consultando la tabla 40.79 se encuentra:
rodamiento 1 : $C_1 = 5.700$ daN
rodamiento 2 : $C_2 = 6.400$ daN

Coeficientes X, V e Y de los rodamientos

$V = 1$ (aro interior giratorio con respecto a la carga). Consultando la tabla 40.63 y tomando siempre los valores de Y de la columna $\frac{F_a}{V\,F} > e$ (véanse las observaciones de la tabla 40.64), se tiene:

rodamiento **1:** $X_1 = 0{,}4$ $Y_1 = 1{,}45$
rodamiento **2:** $X_2 = 0{,}4$ $Y_2 = 1{,}45$

Cálculo de las fuerzas axiales

El fundamento del cálculo se indica en la tabla 40.64. El montaje dado corresponde a la figura 1.

Valor relativo de las relaciones $\frac{F_{r1}}{Y_1}$ y $\frac{F_{r2}}{Y_2}$:

$\frac{F_{r1}}{Y_1} = \frac{600}{1{,}45}$; $\frac{F_{r2}}{Y_2} = \frac{800}{1{,}45}$.

Por consiguiente: $\frac{F_{r1}}{Y_1} < \frac{F_{r2}}{Y_2}$

Valor del producto $0{,}5\left(\frac{F_{r2}}{Y_2} - \frac{F_{r1}}{Y_1}\right)$:

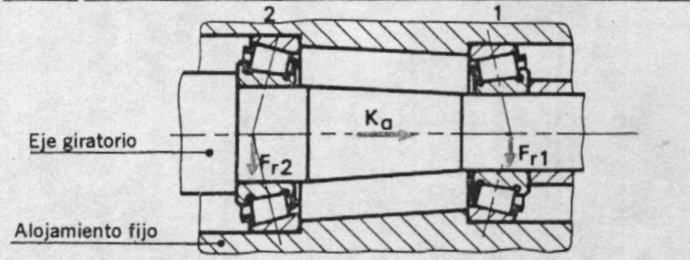
$0{,}5\left(\frac{800}{1{,}45} - \frac{600}{1{,}45}\right) = 69$ daN.

Por lo tanto: $K_a > 0{,}5\left(\frac{F_{r2}}{Y_2} - \frac{F_{r1}}{Y_1}\right)$.

Los valores de las cargas axiles F_{a1} y F_{a2} vienen dados por la condición 1b de la tabla, es decir:

$$F_{a1} = \frac{0{,}5\,F_{r1}}{Y_1} = \frac{0{,}5 \times 600}{1{,}45} = 206 \text{ daN}$$

$$F_{a2} = F_{a1} + K_a = 206 + 300 = 506 \text{ daN.}$$



Cargas dinámicas equivalentes P sobre los rodamientos

RODAMIENTO 1:

La relación $\frac{F_{a1}}{V.F_{r1}} = \frac{206}{600} = 0{,}34$ es inferior al valor $e = 0{,}41$ de la tabla 40.63. Se puede pues prescindir de la carga axil y se tiene: $P_1 = F_{r1} = 600$ daN.

RODAMIENTO 2:

La carga dinámica equivalente P_2 viene dada por la relación:
$P_2 = (X_2 .V.F_{r2}) + (Y_2.F_{a2})$ es decir:
$P_2 = (0{,}4 \times 800) + (1{,}45 \times 506) \approx 1\,054$ daN.

Duración nominal en horas

Apliquemos la fórmula: $L_h = \frac{16\,666}{n}\left(\frac{C}{P}\right)^k$

con $k = \frac{10}{3}$ (rodamiento de rodillos), es decir:

RODAMIENTO 1:

$$L_{h1} = \frac{16\,666}{1\,500}\left(\frac{5\,700}{600}\right)^{\frac{10}{3}} = 11{,}1\,(9{,}5)^{\frac{10}{3}}.$$

Este cálculo contiene un exponente decimal. Se puede resolver por logaritmos o con la regla de cálculo. Por otra parte, los catálogos de los fabricantes suelen llevar tablas o ábacos que simplifican el cálculo.
Utilizando los logaritmos se tiene:

$\log L_{h1} = \log 11{,}1 + \frac{10}{3}\log 9{,}5$; $\log 11{,}1 = 1{,}045\,32$;
$\log 9{,}5 = 0{,}977\,72$; $\frac{10}{3}\log 9{,}5 = \frac{10 \times 0{,}977\,72}{3} = 3{,}259\,07$;
$\log L_{h1} = 1{,}045\,32 + 3{,}259\,07 = 4{,}304\,39$;

de donde **$L_{h1} \approx 20\,160$ h.**

RODAMIENTO 2:

$$L_{h2} = \frac{16\,666}{1\,500}\left(\frac{6\,400}{1\,054}\right)^{\frac{10}{3}} = 11{,}1\,(6{,}07)^{\frac{10}{3}}.$$

$\log L_{h2} = \log 11{,}1 + \frac{10}{3}\log 6{,}07$;
$\log 6{,}07 = 0{,}783\,19$; $\frac{10}{3}\log 6{,}07 = \frac{10 \times 0{,}783\,19}{3} = 2{,}610\,63$;
$\log L_{h2} = 1{,}045\,32 + 2{,}610\,63 = 3{,}655\,95$;

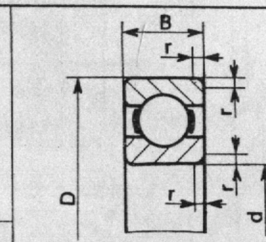
de donde **$L_{h2} \approx 4\,530$ h.**

40-70 DESVIACIONES SOBRE LA ANCHURA B DE LOS RODAMIENTOS
(excepto rodamientos de rodillos cónicos)

	Alojamiento d	Desviación sup	Desviación inf
Valores en micras	de 5 a 50 inclusive	0	− 120
	50 a 80	0	− 150
	80 a 120	0	− 200
	120 a 180	0	− 250

40-71 RODAMIENTOS DE UNA HILERA DE BOLAS DE CONTACTO RADIAL SIN ESCOTADURA DE MONTAJE

Tipo BC



P = protección unilateral por disco   E = protección unilateral por junta
PP = protección bilateral por discos   EE = protección bilateral por juntas

Ejemplo de designación, ver § 40.3

Serie dimensional 10

d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
5						
6						
8	22	7	0,5	129	255	25 000
9	24	7	0,5	153	285	25 000
10	26	8	0,5	186	355	20 000
12	28	8	0,5	216	390	20 000
15	32	9	0,5	250	430	20 000
17	35	10	0,5	280	455	20 000
20	42	12	1	440	720	16 000
25	47	12	1	510	765	16 000
30	55	13	1,5	695	1 020	13 000
35	62	14	1,5	865	1 220	13 000
40	68	15	1,5	965	1 290	10 000
45	75	16	1,5	1 250	1 600	10 000
50	80	16	1,5	1 340	1 660	8 000
55	90	18	2	1 760	2 160	8 000
60	95	18	2	1 900	2 240	8 000
65	100	18	2	2 080	2 360	8 000
70	110	20	2	2 500	2 900	6 000
75	115	20	2	2 750	3 050	6 000
80	125	22	2	3 250	3 650	6 000
85	130	22	2	3 550	3 800	5 000
90	140	24	2,5	4 050	4 500	5 000
95	145	24	2,5	4 400	4 650	5 000
100	150	24	2,5	4 400	4 650	4 000
105	160	26	3	5 300	5 600	4 000
110	170	28	3	6 000	6 300	4 000

Serie dimensional 02

d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
5	16	5	0,5	70	143	25 000
6	19	6	0,5	85	173	25 000
8						
9	26	8	1	183	345	25 000
10	30	9	1	220	390	20 000
12	32	10	1	290	530	20 000
15	35	11	1	345	600	16 000
17	40	12	1	430	735	16 000
20	47	14	1,5	640	980	16 000
25	52	15	1,5	695	1 080	13 000
30	62	16	1,5	980	1 500	13 000
35	72	17	2	1 340	1 960	10 000
40	80	18	2	1 560	2 240	10 000
45	85	19	2	1 800	2 500	8 000
50	90	20	2	2 080	2 700	8 000
55	100	21	2,5	2 550	3 350	8 000
60	110	22	2,5	3 150	4 000	6 000
65	120	23	2,5	3 450	4 300	6 000
70	125	24	2,5	3 800	4 750	5 000
75	130	25	2,5	4 150	5 100	5 000
80	140	26	3	4 500	5 600	5 000
85	150	28	3	5 400	6 400	4 000
90	160	30	3	6 200	7 350	4 000
95	170	32	3,5	7 100	8 300	4 000
100	180	34	3,5	8 000	9 500	3 000
105	190	36	3,5	9 150	10 200	3 000
110	200	38	3,5	10 200	11 000	3 000

Serie dimensional 03

d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
5	19	6	0,5	106	216	25 000
6						
8						
9						
10	35	11	1	355	620	16 000
12	37	12	1,5	425	750	16 000
15	42	13	1,5	510	865	16 000
17	47	14	1,5	620	1 040	13 000
20	52	15	2	750	1 220	13 000
25	62	17	2	1 020	1 630	10 000
30	72	19	2	1 430	2 160	10 000
35	80	21	2,5	1 730	2 550	8 000
40	90	23	2,5	2 160	3 150	8 000
45	100	25	2,5	2 900	4 050	8 000
50	110	27	3	3 450	4 750	6 000
55	120	29	3	4 150	5 500	6 000
60	130	31	3,5	4 750	6 300	5 000
65	140	33	3,5	5 400	7 100	5 000
70	150	35	3,5	6 200	8 000	5 000
75	160	37	3,5	7 100	8 800	4 000
80	170	39	3,5	7 800	9 500	4 000
85	180	41	4	8 650	10 200	4 000
90	190	43	4	9 650	11 000	3 000
95	200	45	4	11 000	11 800	3 000
100	215	47	4	12 900	13 400	3 000
105	225	49	4	14 000	14 000	2 500
110	240	50	4	16 300	15 600	2 500

Serie dimensional 04

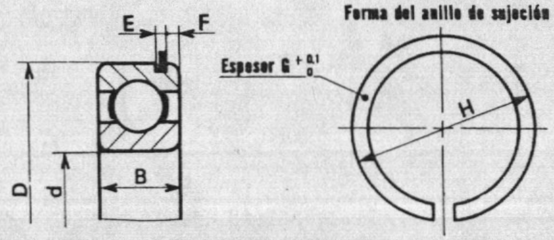
d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
5						
6						
8						
9						
10						
12						
15						
17	62	17	2	1 080	1 760	10 000
20	72	19	2	1 530	2 360	10 000
25	80	21	2,5	1 860	2 750	8 000
30	90	23	2,5	2 280	3 250	8 000
35	100	25	2,5	3 000	4 250	6 000
40	110	27	[illegible]	3 650	4 900	6 000
45	120	29	3	4 300	5 850	6 000
50	130	31	3,5	4 900	6 700	5 000
55	140	33	3,5	5 850	7 650	5 000
60	150	35	3,5	6 550	8 300	5 000
65	160	37	3,5	7 500	9 150	4 000
70	180	42	4	10 000	11 000	4 000
75	190	45	4	10 800	11 800	4 000
80	200	48	4	11 800	12 500	3 000
85	210	52	5	12 900	13 200	3 000
90	225	54	5	14 300	14 300	3 000
95						
100						
105						
110						

Valores según S.K.F.

40-72 RODAMIENTOS TIPO BC (ver cuadro 40-71), CON RANURA PARA ANILLO DE SUJECIÓN

N = ranura de la superficie exterior del aro exterior anillo de sujeción no comprendido.
G = ranura de la superficie exterior del aro exterior incluyendo el anillo de sujeción.

Forma del anillo de sujeción



NOTA: Estos rodamientos pueden ser entregados con protección lateral mediante uno o dos discos. En el caso de un disco, éste se halla en el lado opuesto a la ranura.

Ejemplo de designación, ver § 40-3

d	Serie dimensional 10						Serie dimensional 02						Serie dimensional 03						Serie dimensional 04					
	D	B	E	F	G	H	D	B	E	F	G	H	D	B	E	F	G	H	D	B	E	F	G	H
17							40	12	1,35	2,06	1,02	44,6	47	14	1,35	2,46	1,02	52,7						
20	42	12	1,35	2,06	1,02	46,3	47	14	1,35	2,46	1,02	52,7	52	15	1,35	2,46	1,02	57,9						
25	47	12	1,35	2,06	1,02	52,7	52	15	1,35	2,46	1,02	57,9	62	17	1,9	3,28	1,6	67,7	80	21	1,9	3,28	1,6	86,6
30	55	13	1,35	2,08	1,02	60,7	62	16	1,9	3,28	1,6	67,7	72	19	1,9	3,28	1,6	78,6	90	23	2,7	3,28	2,36	96,5
35	62	14	1,9	2,08	1,6	67,7	72	17	1,9	3,28	1,6	78,6	80	21	1,9	3,28	1,6	86,6	100	25	2,7	3,28	2,36	106,5
40	68	15	1,9	2,49	1,6	74,6	80	18	1,9	3,28	1,6	86,6	90	23	2,7	3,28	2,36	96,5	110	27	2,7	3,28	2,36	116,6
45	75	16	1,9	2,49	1,6	81,6	85	19	1,9	3,28	1,6	91,6	100	25	2,7	3,28	2,36	106,5	120	29	3,1	4,06	2,72	129,7
50	80	16	1,9	2,49	1,6	86,6	90	20	2,7	3,28	2,36	96,5	110	27	2,7	3,28	2,36	116,6	130	31	3,1	4,06	2,72	139,7
55	90	18	2,7	2,87	2,36	96,5	100	21	2,7	3,28	2,36	106,5	120	29	3,1	4,06	2,72	129,7	140	33	3,1	4,9	2,72	149,7
60	95	18	2,7	2,87	2,36	101,6	110	22	2,7	3,28	2,36	116,6	130	31	3,1	4,06	2,72	139,7						
65	100	18	2,7	2,87	2,36	106,5	120	23	3,1	4,06	2,72	129,7	140	33	3,1	4,9	2,72	149,7						
70	110	20	2,7	2,87	2,36	116,6	125	24	3,1	4,06	2,72	134,7	150	35	3,1	4,9	2,72	159,7						
75	115	20	2,7	2,87	2,36	121,6	130	25	3,1	4,06	2,72	139,7												
80	125	22	3,1	2,87	2,72	134,7	140	26	3,1	4,9	2,72	149,7												
85	130	22	3,1	2,87	2,72	139,7	150	28	3,1	4,9	2,72	159,7												
90	140	24	3,1	3,71	2,72	149.7																		
95	145	24	3,1	3,71	2,72	154,7																		
100	150	24	3,1	3,71	2,72	159,7																		
105	160	26	3,1	3,71	2,72	169,7																		
110	170	28	3,5	3,71	3	182,9																		

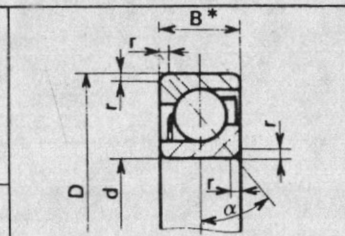
Valores según S.K.F.

40-73 RODAMIENTO DE UNA HILERA DE BOLAS, DE CONTACTO ANGULAR

Tipo BT

Ángulo de contacto $\alpha = 40^o$

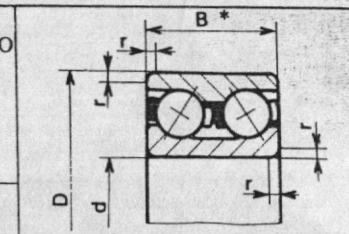
Ejemplo de designación, ver § 40-3



40-74 RODAMIENTO DE DOS HILERAS DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR CON ESCOTADURA DE MONTAJE

Tipo BE

Ejemplo de designación, ver § 40-3



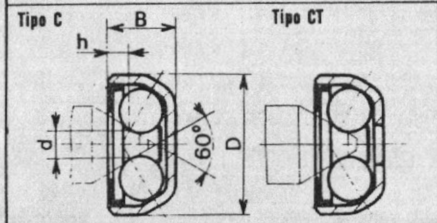
d	Serie dimensional 02						Serie dimensional 03						Serie dimensional 32						Serie dimensional 33					
	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
10	30	9	1	212	380	20 000							30	14	1	450	720	13 000						
12	32	10	1	305	540	16 000							32	15,9	1	550	815	13 000						
15	35	11	1	365	620	13 000	42	13	1,5	530	900	13 000	35	15,9	1	550	815	10 000	42	19	1,5	915	1 370	10 000
17	40	12	1	465	765	13 000	47	14	1,5	710	1 140	10 000	40	17,5	1	800	1 140	10 000	47	22,2	1,5	1 270	1 900	8 000
20	47	14	1,5	640	1 020	10 000	52	15	2	815	1 340	10 000	47	20,6	1,5	1 080	1 560	10 000	52	22,2	2	1 370	1 900	8 000
25	52	15	1,5	765	1 140	10 000	62	17	2	1 220	1 900	10 000	52	20,6	1,5	1 340	1 700	8 000	62	25,4	2	1 960	2 600	6 000
30	62	16	1,5	1 100	1 560	10 000	72	19	2	1 660	2 400	8 000	62	23,8	1,5	2 000	2 450	8 000	72	30,2	2	2 700	3 450	6 000
35	72	17	2	1 500	2 080	8 000	80	21	2,5	2 000	2 800	8 000	72	27	2	2 750	3 350	6 000	80	34,9	2,5	3 550	4 400	5 000
40	80	18	2	1 860	2 450	8 000	90	23	2,5	2 500	3 450	6 000	80	30,2	2	3 200	3 800	6 000	90	36,5	2,5	4 500	5 400	5 000
45	85	19	2	2 120	2 750	6 000	100	25	2,5	3 350	4 500	6 000	85	30,2	2	3 650	4 050	5 000	100	39,7	2,5	5 500	6 550	4 000
50	90	20	2	2 320	2 850	6 000	110	27	3	4 000	5 200	6 000	90	30,2	2	4 250	4 650	5 000	110	44,4	3	7 200	8 000	4 000
55	100	21	2,5	2 900	3 600	6 000	120	29	3	4 650	6 100	5 000	100	33,3	2,5	4 800	5 200	5 000	120	49,2	3	7 800	8 650	4 000
60	110	22	2,5	3 600	4 300	5 000	130	31	3,5	5 400	6 950	5 000	110	36,5	2,5	6 200	6 400	4 000	130	54	3,5	9 500	10 000	3 000
65	120	23	2,5	4 250	4 900	5 000	140	33	3,5	6 200	7 800	5 000	120	38,1	2,5	6 800	6 800	4 000	140	58,7	3,5	11 000	11 600	3 000
70	125	24	2,5	4 650	5 300	5 000	150	35	3,5	7 200	8 800	4 000	125	39,7	2,5	6 950	6 800	4 000	150	63,5	3,5	12 700	13 400	3 000
75	130	25	2,5	4 900	5 500	4 000	160	37	3,5	8 000	9 650	4 000	130	41,3	2,5	7 800	7 500	3 000	160	68,3	3,5	13 700	14 000	2 500
80	140	26	3	5 600	6 200	4 000	170	39	3,5	9 000	10 400	4 000	140	44,4	3	9 500	9 150	3 000	170	68,3	3,5	15 600	16 000	2 500
85	150	28	3	6 400	6 950	4 000	180	41	4	10 000	11 200	3 000	150	49,2	3	10 400	9 800	3 000	180	73	4	17 600	17 600	2 500
90	160	30	3	7 500	8 150	4 000	190	43	4	11 200	12 000	3 000	160	52,4	3	12 500	11 600	2 500	190	73	4	20 800	20 000	2 500
95	170	32	3,5	8 650	9 300	3 000	200	45	4	12 200	12 900	2 500	170	55,6	3,5	14 600	13 400	2 500						
100	180	34	3,5	9 150	10 000	3 000	215	47	4	15 000	14 600	2 500	180	60,3	3,5	15 600	14 300	2 500						
105	190	36	3,5	10 200	10 800	2 500	225	49	4	16 300	15 600	2 500												
110	200	38	3,5	11 400	11 800	2 500	240	50	4	19 000	17 300	2 500												

* Desviaciones respecto a la anchura B ver cuadro 40-70

Valores según S K F

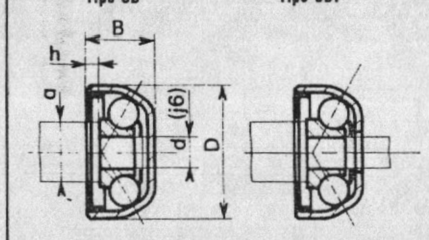
40-75 RODAMIENTOS MINIATURA DE CONTACTO ANGULAR*

Tipo C **Tipo CT**



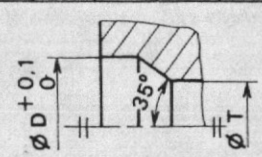
Tipo		d	D	B	h	T max
C 1		0,13	1,10	0,70	0,23	0,80
C 165	CT 165	0,20	1,65	1	0,35	1,25
C 270	CT 270	0,37	2,70	1,50	0,45	2,10
C 425	CT 425	0,55	4,25	2,35	0,68	3,20
C 750	CT 750	1,12	7,50	3,75	1,06	5,70
C 1075	CT 1075	1,60	10,75	5,35	1,42	8

Tipo OD **Tipo ODT**



Tipo	a	d	D	B	h	T max
OD-ODT 425	2	1	4,25	2,20	0,28	3,20
OD-ODT 550	3	2	5,50	2,27	0,30	4
OD-ODT 750	3	2	7,50	3,35	0,32	5,70
OD-ODT 1075	5,5	3	10,75	4,80	0,45	8

FORMA DE LOS ALOJAMIENTOS

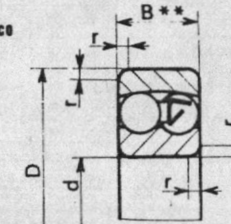


40-76 RODAMIENTOS DE DOS HILERAS DE BOLAS CON OSCILACIÓN EN EL ARO EXTERIOR

Tipo BS

Ejemplo de designación, ver § 40-3

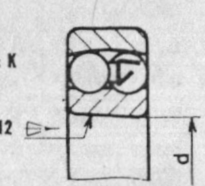
Agujero cilíndrico



Agujero cónico a partir de d = 20 mm

Afijo complementario: K

Conicidad: 1/12



Serie dimensional 02:

d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
7	22	7	0,5	65,5	204	25 000
9	26	8	1	93	290	25 000
10	30	9	1	137	415	20 000
12	32	10	1	150	475	20 000
15	35	11	1	204	570	16 000
17	40	12	1	240	600	16 000
20	47	14	1,5	315	765	16 000
25	52	15	1,5	400	930	13 000
30	62	16	1,5	560	1 200	13.000
35	72	17	2	630	1 200	10 000
40	80	18	2	800	1 460	10 000
45	85	19	2	900	1 660	8 000
50	90	20	2	1 000	1 730	8 000
55	100	21	2,5	1 250	2 040	8 000
60	110	22	2,5	1 430	2 320	6 000
65	120	23	2,5	1 560	2 360	6 000
70	125	24	2,5	1 730	2 650	5 000
75	130	25	2,5	1 960	2 900	5 000
80	140	26	3	2 160	3 050	5 000
85	150	28	3	2 600	3 750	4 000
90	160	30	3	2 900	4 300	4 000
95	170	32	3,5	3 400	4 900	4 000
100	180	34	3,5	3 550	5 300	3 000
105	190	36	3,5	4 050	5 700	3 000

Serie dimensional 22:

d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
7						
9						
10	30	14	1	176	560	20 000
12	32	14	1	196	570	20 000
15	35	14	1	212	585	16 000
17	40	16	1	275	750	16 000
20	47	18	1,5	380	965	16 000
25	52	18	1,5	415	965	13 000
30	62	20	1,5	550	1 180	13 000
35	72	23	2	780	1 660	10 000
40	80	23	2	900	1 730	10 000
45	85	23	2	1 000	1 760	8 000
50	90	23	2	1 060	1 760	8 000
55	100	25	2,5	1 250	2 040	8 000
60	110	28	2,5	1 560	2 600	6 000
65	120	31	2,5	2 000	3 350	6 000
70	125	31	2,5	2 120	3 400	5 000
75	130	31	2,5	2 200	3 400	5 000
80	140	33	3	2 450	3 750	5 000
85	150	36	3	2 900	4 500	4 000
90	160	40	3	3 550	5 400	4 000
95	170	43	3,5	4 250	6 400	4 000
100	180	46	3,5	5 000	7 500	3 000
105	190	50	3,5	5 500	8 300	3 000

Serie dimensional 03:

d	D	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
7						
9						
10	35	11	1	186	550	16 000
12	37	12	1,5	245	720	16 000
15	42	13	1,5	265	735	16 000
17	47	14	1,5	365	965	13 000
20	52	15	2	390	965	13 000
25	62	17	2	585	1 370	10 000
30	72	19	2	750	1 630	10 000
35	80	21	2,5	950	1 930	8 000
40	90	23	2,5	1 180	2 280	8 000
45	100	25	2,5	1 530	2 900	8 000
50	110	27	3	1 700	3 350	6 000
55	120	29	3	2 160	3 900	6 000
60	130	31	3,5	2 550	4 400	5 000
65	140	33	3,5	2 800	4 750	5 000
70	150	35	3,5	3 400	5 700	5 000
75	160	37	3,5	3 650	6 100	4 000
80	170	39	3,5	4 050	6 800	4 000
85	180	41	4	4 650	7 500	4 000
90						
95						
100						
105						

* Valores según R.M.B.- Bienne (Suiza)

** Desviaciones sobre la anchura B ver tabla 40-70

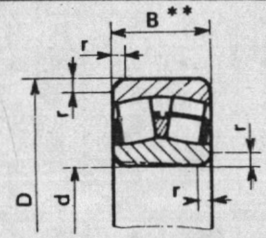
Valores según S.K.F.

40-77 RODAMIENTOS DE DOBLE HILERA DE RODILLOS CON ARO EXTERIOR OSCILANTE TIPO SC

TIPO SC

Se fabrican con agujero cilíndrico y con agujero cónico (conicidad 1/12 y afijo suplementario K)

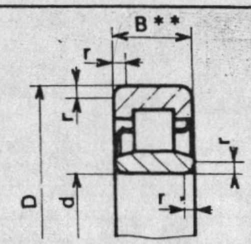
Ejemplo de designación, ver § 40-3



40-78 RODAMIENTOS DE RODILLOS CILÍNDRICOS. ARO EXTERIOR CON DOBLE REBORDE, ARO INTERIOR SIN REBORDES

TIPO RU

Ejemplo de designación, ver § 40-3



d	Serie dimensional 22						Serie dimensional 23					
	D	B	r	C_0 daN	C daN	n máx. rev/mn	D	B	r	C_0 daN	C daN	n máx. rev/mn
20*												
25*	52	18	1,5	2 160	3 100	8 000						
30*	62	20	1,5	3 050	4 250	6 000						
35	72	23	2	4 000	5 500	6 000						
40	80	23	2	4 750	6 400	5 000	90	33	2,5	7 650	9 800	5 000
45	85	23	2	5 100	6 700	5 000	100	36	2,5	9 800	12 000	4 000
50	90	23	2	5 400	6 950	4 000	110	40	3	12 500	15 300	4 000
55	100	25	2,5	6 700	8 650	4 000	120	43	3	15 300	17 300	3 000
60	110	28	2,5	8 300	10 600	4 000	130	46	3,5	17 000	20 400	3 000
65	120	31	2,5	10 000	12 500	3 000	140	48	3,5	18 600	22 000	3 000
70	125	31	2,5	10 600	12 900	3 000	150	51	3,5	22 000	25 500	3 000
75	130	31	2,5	11 000	13 400	3 000	160	55	3,5	26 500	30 500	2 500
80	140	33	3	13 700	15 300	2 500	170	58	3,5	28 500	32 500	2 500
85	150	36	3	16 000	17 600	2 500	180	60	4	28 500	36 500	2 500
90	160	40	3	19 300	21 200	2 500	190	64	4	37 500	41 500	2 000
95	170	43	3,5	22 400	24 500	2 000	200	67	4	40 500	45 000	2 000
100	180	46	3,5	25 000	27 000	2 000	215	73	4	49 000	53 000	2 000
105												
110	200	53	3,5	34 000	35 500	2 000	240	80	4	58 500	63 000	1 600
120	215	58	3,5	39 000	40 500	1 600	260	86	4	68 000	73 500	1 600
130	230	64	4	47 500	48 000	1 600	280	93	5	80 000	85 000	1 300
140	250	68	4	53 000	54 000	1 600	300	102	5	95 000	98 000	1 300
150	270	73	4	64 000	64 000	1 300	320	108	5	110 000	112 000	1 300
160	290	80	4	76 500	75 000	1 300	340	114	5	118 000	120 000	1 000

d	Serie dimensional 02						Serie dimensional 03					
	D	B	r	C_0 daN	C daN	n máx. rev/mn	D	B	r	C_0 daN	C daN	n máx. rev/mn
20*	47	14	1,5	680	1 340	16 000	52	15	2	950	2 040	13 000
25*	52	15	1,5	830	1 530	13 000	62	17	2	1 340	2 600	10 000
30*	62	16	1,5	1 140	2 040	13 000	72	19	2	1 900	3 400	10 000
35	72	17	2	1 660	2 900	10 000	80	21	2,5	2 320	4 300	8 000
40	80	18	2	2 280	3 800	10 000	90	23	2,5	3 050	5 100	8 000
45	85	19	2	2 450	4 000	8 000	100	25	2,5	3 800	6 950	8 000
50	90	20	2	2 650	4 250	8 000	110	27	3	4 800	8 000	6 000
55	100	21	2,5	3 200	5 100	8 000	120	29	3	5 700	10 000	6 000
60	110	22	2,5	3 900	6 200	6 000	130	31	3,5	7 100	11 200	5 000
65	120	23	2,5	4 650	7 200	6 000	140	33	3,5	8 000	12 500	5 000
70	125	24	2,5	4 900	7 200	5 000	150	35	3,5	8 800	14 600	5 000
75	130	25	2,5	5 700	8 800	5 000	160	37	3,5	10 800	17 600	4 000
80	140	26	3	6 700	9 650	5 000	170	39	3,5	11 800	17 600	4 000
85	150	28	3	7 650	11 000	4 000	180	41	4	12 900	20 400	4 000
90	160	30	3	9 150	13 400	4 000	190	43	4	15 300	22 000	3 000
95	170	32	3,5	10 800	15 000	4 000	200	45	4	16 600	25 000	3 000
100	180	34	3,5	12 000	16 600	3 000	215	47	4	19 300	29 000	3 000
105	190	36	3,5	13 400	18 300	3 000	225	49	4	22 000	33 500	2 500
110	200	38	3,5	15 000	22 000	3 000	240	50	4	25 500	37 500	2 500
120	215	40	3,5	17 600	23 600	3 000	260	55	4	29 000	44 000	2 500
130	230	40	4	18 600	25 500	2 500	280	58	5	38 000	51 000	2 500
140	250	42	4	22 000	29 000	2 500	300	62	5	43 000	57 000	2 000
150	270	45	4	27 500	34 000	2 500						
160	290	48	4	31 500	39 000	2 000						

* No existe en el agujero cónico

** Desviaciones en la anchura B ver tabla 40-70

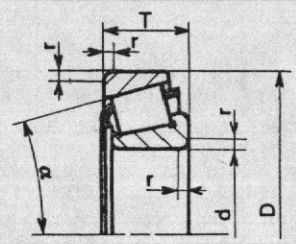
Valores según S.K.F.

40-79

RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS

TIPO KB

Ángulo de contacto α comprendido entre 10º y 17º



Ejemplo de designación, ver § 40-3

DESVIACIONES DE LA COTA T - Valores en micras

Agujero nominal d en mm	Series dimensionales 02 y 22	Series dimensionales 03 y 23
de 10 a 50 inclusive	± 250	± 250
50 a 80	± 250	± 500
80 a 120	± 500	± 500
120 a 140	± 750	

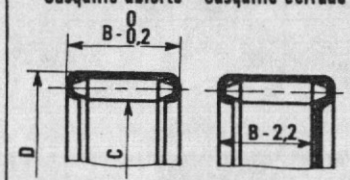
d	Serie dimensional 02						Serie dimensional 03					
	D	T	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	D	T	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
15							42	14,25	1,5	1 270	1 930	8 000
17	40	13,25	1,5	1 100	1 630	8 000	47	15,25	1,5	1 560	2 360	8 000
20	47	15,25	1,5	1 660	2 360	8 000	52	16,25	2	2 000	2 900	8 000
25	52	16,25	1,5	1 930	2 650	8 000	62	18,25	2	2 650	3 800	6 000
30	62	17,25	1,5	2 550	3 450	6 000	72	20,75	2	3 400	4 800	6 000
35	72	18,25	2	3 250	4 400	6 000	80	22,75	2,5	4 550	6 200	6 000
40	80	19,75	2	3 800	5 100	6 000	90	25,25	2,5	5 600	7 350	5 000
45	85	20,75	2	4 400	5 700	5 000	100	27,25	2,5	7 200	9 150	5 000
50	90	21.75	2	5 200	6 400	5 000	110	29,25	3	8 300	10 800	4 000
55	100	22,75	2,5	6 100	7 650	4 000	120	31,50	3	9 650	12 200	4 000
60	110	23,75	2,5	6 550	8 300	4 000	130	33,50	3,5	11 600	14 300	4 000
65	120	24,75	2,5	7 800	9 800	4 000	140	36	3,5	13 400	16 600	3 000
70	125	26.25	2,5	8 800	10 800	3 000	150	38	3,5	15 300	19 000	3 000
75	130	27,25	2,5	10 000	12 000	3 000	160	40	3,5	17 000	20 800	3 000
80	140	28,25	3	10 400	12 700	3 000	170	42,50	3,5	19 000	23 200	2 500
85	150	30,50	3	12 500	15 000	3 000	180	44,50	4	21 600	26 000	2 500
90	160	32,50	3	14 000	16 600	2 500	190	46,50	4	23 600	28 000	2 500
95	170	34,50	3,5	15 600	18 600	2 500	200	49,50	4	26 500	31 500	2 500
100	180	37	3,5	18 300	21 200	2 500	215	51,50	4	29 000	34 500	2 000
105	190	39	3,5	20 000	23 200	2 500						
110	200	41	3,5	23 200	26 000	2 000						
120	215	43,50	3,5	26 000	29 000	2 000						
130	230	43,75	4	28 000	28 000	2 000						
140	250	45,75	4	32 500	32 000	1 600						

d	Serie dimensional 22						Serie dimensional 23					
	D	T	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	D	T	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
15												
17							47	20,25	1,5	2 120	3 000	6 000
20							52	22,25	2	2 850	3 750	5 000
25							62	25,25	2	3 900	5 100	5 000
30	62	21,25	1,5	3 400	4 300	6 000	72	28,75	2	5 200	6 550	5 000
35	72	24,25	2	4 500	5 600	6 000	80	32,75	2,5	6 550	8 150	4 000
40	80	24,75	2	5 000	6 400	6 000	90	35,25	2,5	8 300	10 000	4 000
45	85	24,75	2	5 600	6 800	5 000	100	38,25	2,5	10 200	12 000	4 000
50	90	24,75	2	5 700	6 950	5 000	110	42,25	3	12 700	14 600	4 000
55	100	26,75	2,5	7 500	9 000	4 000	120	45,50	3	14 600	17 000	3 000
60	110	29,75	2,5	9 150	10 800	4 000	130	48,50	3,5	17 300	19 600	3 000
65	120	32,75	2,5	11 200	12 900	4 000	140	51	3,5	20 000	22 400	3 000
70	125	33,25	2,5	11 800	13 400	3 000	150	54	3,5	22 800	25 000	2 500
75	130	33,25	2,5	12 000	13 700	3 000	160	58	3,5	26 500	28 500	2 500
80	140	35,25	3	13 700	16 000	3 000	170	61,50	3,5	29 000	32 000	2 500
85	150	38,50	3	16 300	18 300	2 500	180	63,50	4	32 000	31 500	2 000
90	160	42,50	3	19 300	21 600	2 500	190	67,50	4	36 000	35 500	2 000
95	170	45,50	3,5	22 000	24 000	2 500	200	71,50	4	40 000	38 000	2 000
100	180	49	3,5	25 000	27 000	2 500	215	77,50	4	46 500	47 500	1 600
105	190	53	3,5	29 000	31 000	2 000	225	81,50	4	52 000	54 000	1 600
110	200	56	3,5	32 500	34 000	2 000	240	84,50	4	57 000	54 000	1 600
120	215	61,50	3,5	39 000	35 500	2 000	260	90,50	4	65 500	62 000	1 600
130	230	67,75	4	47 500	42 500	1 600						
140	250	71,75	4	56 000		1 600						

Valores según S.K.F.

40-80 CASQUILLOS DE AGUJAS

Casquillo abierto **Casquillo cerrado**



Serie extraligera, Tipo NES

C	D	B	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
6	12	10	210	310	50 000
8	14	10	280	390	37 500
10	16	12	500	650	30 000
12	18	12	620	750	25 000
14	20	12	720	820	21 500
15	21	12	760	850	20 000
16	22	12	830	900	18 500
17	23	12	860	930	17 500
18	24	12	930	970	16 500
18	24	16	1 500	1 500	16 500
20	26	12	1 000	1 000	15 000
20	26	16	1 600	1 700	15 000
22	28	16	1 800	1 800	13 500
25	33	16	1 700	1 700	12 000
25	33	20	2 500	2 400	12 000
30	38	16	2 100	1 900	10 000
30	38	20	2 900	2 700	10 000
35	43	16	2 400	2 100	8 500
35	43	20	3 500	3 000	8 500
40	48	16	2 800	2 300	7 500
40	48	20	3 900	3 300	7 500
44	52	16	3 100	2 500	6 800

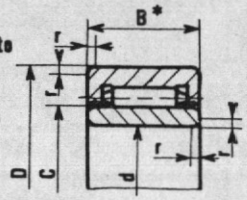
TOLERANCIAS			
	C	Movimiento oscilante	k6
		Rotación continua	h6
	D	Acero y fund. de hierro	H7
		Materiales no férreos	M7
		Pared. delgadas en acero	

* Desviaciones en la anchura B, ver tabla 40-70

40-81 RODAMIENTOS DE AGUJAS

Tipo NEA
Rodamiento completo

Tipo NES
Sin aro interior



Serie media, Tipo NEA y NES

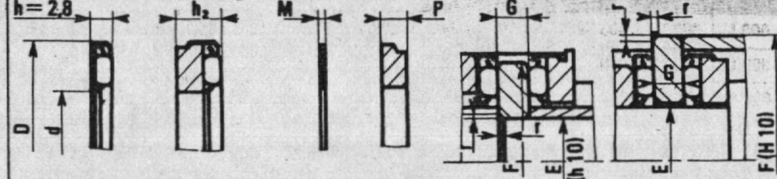
d	D	C	B	r	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
	16	7,3	12	0,5	500	440	52 000
	19	9,7	12	0,5	670	540	39 000
	22	12,1	12	0,5	820	620	31 000
	24	14,4	12	0,5	1 000	710	26 000
	28	17,6	15	1	1 700	1 150	21 600
	32	20,8	15	1	2 000	1 300	18 300
15	35	22,1	22	1	4 000	2 500	17 200
20	42	28,7	22	1	5 200	3 000	13 200
25	47	33,5	22	1	6 100	3 400	11 100
30	52	38,2	22	1	6 900	3 700	10 000
35	58	44	22	1	8 000	4 100	8 600
40	65	49,7	22	1,5	9 000	4 400	7 600
45	72	55,4	22	1,5	10 000	4 800	6 900
50	80	62,1	28	2	14 700	6 800	6 100
55	85	68,8	28	2	16 300	7 300	5 500
60	90	72,6	28	2	17 200	7 600	5 200
65	95	78,3	28	2	18 500	7 900	4 900
70	100	83,1	28	2	19 700	8 300	4 500
75	110	88	32	2	25 500	10 600	4 300
80	115	96	32	2	27 800	11 300	4 000
85	120	99,5	32	2	28 900	11 500	3 800
90	125	104,7	32	2	30 400	12 000	3 600

TOLERANCIAS		Eje giratorio		Eje fijo	
	Rodamiento completo	Carga fija	Carga giratoria	Carga fija	Carga giratoria
	d	k5	h5	h5	k5
	D	JS 7	M7	M7	JS 7

** Se fabrican hasta d = 60.

40-82 AXILES DE AGUJAS

Cojinete delgado **Cojinete grueso** **Arandelas separables** **Placas medianeras para rodamientos axiles de doble efecto**

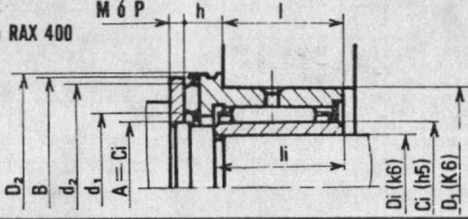


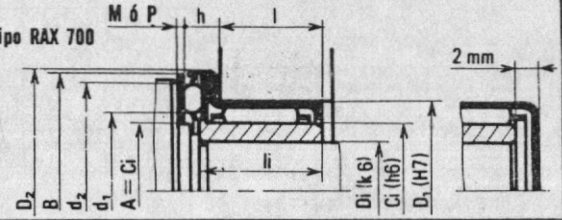
Rodamiento axil delgado** y axil grueso						Arand. sep.		Arandela intermedia				Con rodamiento d = contraje	
d	D	h_2	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	M	P	E	F	G	r	int.	ext.
10	22	4	880	530	15 500	0,8	2	11	26	4	0,5	15	10
12	26	4	1 100	620	13 000	0,8	2	13	29	4	0,5	17	—
13	26	4	1 100	620	13 000	0,8	2	14	32	4	0,5	—	12-13
15	28	4	1 300	710	11 500	0,8	2	16	34	4	0,5	20	15
17	30	4	1 500	810	10 500	0,8	2	18	35	4	0,5	—	17
19	32	4	1 700	840	10 000	0,8	2	21	40	5	0,5	25	20
20	35	5	2 200	1 100	9 000	0,8	3	26	46	5	0,5	30	25
25	42	5	2 900	1 300	7 500	0,8	3	31	52	5	0,5	35	30
30	47	5	3 300	1 500	6 500	0,8	3	36	58	5	0,5	40	35
35	53	5	4 600	2 000	5 500	0,8	3	38	62	5	1	45	—
40	60	5	5 300	2 200	5 000	0,8	3	41	68	5	1	50	40
45	65	5	5 700	2 300	4 500	0,8	3	46	75	5	1	55	45
50	70	5	6 400	2 500	4 000	0,8	3	51	82	6	1	60	50
55	78	6	8 600	3 200	3 800	0,8	4	56	88	6	1,5	65	55
60	85	6	11 000	4 000	3 500	0,8	4	61	94	6	1,5	70	60
65	90	6	11 700	4 200	3 200		4	66	99	6	1,5	75	65
70	95	6	12 600	4 400	3 000		4	71	104	6	1,5	80	70
75	100	6	13 200	4 500	2 900		4	76	109	6	1,5	85	75
80	105	6	14 100	4 700	2 700		4	81	115	8	1,5	90	80
85	110	6	15 000	4 900	2 600		4	86	120	8	1,5	—	85
90	120	8	18 900	6 100	2 400		5	91	130	9	1,5	100	90
100	135	9	26 200	8 200	2 100		6	101	144	9	1,5	110	100
110	145	9	28 600	8 800	2 000		6	111	154	9	1,5	120	110
120	155	9	30 800	9 200	1 800		6	121	165	9	1,5	130	120
130	170	11	35 200	10 200	1 700		7	132	185	16	1,5	150	130
140	180	11	37 400	10 600	1 600		7	142	195	16	1,5	160	140
150	190	11	39 600	11 100	1.500		7	152	210	18	1,5	170	150

Valores según Nadella

40-83 RODAMIENTOS DE AGUJAS COMBINADOS

Tipo RAX 400 · **Tipo RAX 700** · **Casquillo sin fondo** · **Casquillo con fondo**



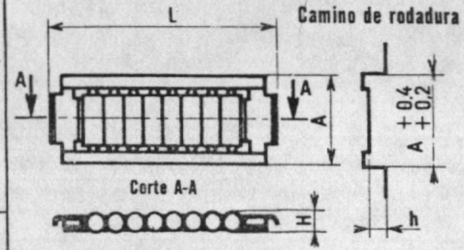


TIPO RAX	Rodamiento							Capacidades de carga Radiales		Capacidades de carga Axiles		Velocidad límite	Contra placas			Anillos interiores	
	C_i	D_1	D_2	l	h	d_1	d_2	C_0 daN	C daN	C_0 daN	C daN	n máx. rev/mn	B	M	P	D_i	l_1
410	10	19	22	14	5	12	18,6	430	550	880	530	15 500	21,5	0,8	2	7	16
412	12	21	26	14	5	15	22,6	500	600	1 100	620	13 000	25,5	0,8	2	9	16
415	15	24	28	14	5	17	24,6	760	850	1 300	710	11 500	27,5	0,8	2	12	16
417	17	26	30	16	5	19	26,6	950	1 000	1 500	810	10 500	29,5	0,8	2	14	17
420	20	30	35	18	6	22	31,6	1 300	1 250	2 200	1 100	9 000	34,5	0,8	3	17	20
425	25	37	42	18	6	27,7	37,4	1 550	1 450	2 900	1 300	7 500	41,5	0,8	3	20	20
430	30	42	47	18	6	32,7	42,4	2 100	1 900	3 300	1 500	6 500	46,5	0,8	3	25	20
435	35	47	53	18	6	37,2	49	2 400	2 000	4 600	2 000	5 500	52,5	0,8	3	30	20
440	40	52	60	18	6	43	54,9	2 800	2 200	5 300	2 200	5 000	59,5	0,8	3	35	20
445	45	58	65	18	6	48	59,9	3 100	2 400	5 700	2 300	4 500	64,4	0,8	3	40	20
450	50	62	70	21	6	53,3	65,7	3 900	2 800	6 400	2 500	4 000	69,4	0,8	3	45	25
460	60	72	85	21	7	63,5	79,2	4 700	3 200	11 000	4 000	3 500	84,4	0,8	4	50	25
470	70	85	95	21	7	73,5	89,2	5 300	3 800	12 600	4 400	3 000	94,4	–	4	60	25
712	12	18	26	10	4,2	15	22,6	600	550	1 100	620	13 000	25,5	0,8	2	8	12
714	14	20	28	10	4,2	17	24,6	700	620	1 300	710	11 500	25,5	0,8	2	10	12
715	15	21	30	10	4,2	19	26,6	770	660	1 500	810	10 500	27,5	0,8	2	11	12
718	18	24	32	14	4,2	21	28,6	1 500	1 200	1 700	840	10 000	29,5	0,8	2	13	16
720	20	26	35	14	4,2	22	31,6	1 600	1 300	2 200	1 100	9 000	34,5	0,8	3	15	16
725	25	33	44	18	4,2	30	39,6	2 600	1 900	2 900	1 300	7 200	41,5	0,8	3	20	20
730	30	38	49	18	4,2	35	44,7	3 300	2 300	3 300	1 400	6 300	46,5	0,8	3	25	20
735	35	43	55	18	4,2	39	50,9	3 700	2 500	4 800	2 000	5 500	52,5	0,8	3	30	20
740	40	48	60	18	4,2	43	54,9	4 200	2 700	5 300	2 200	5 000	59,5	0,8	3	35	20
745	45	52	65	18	4,2	48	59,9	4 500	2 800	5 700	2 300	4 500	64,4	0,8	3	40	20

Fabricación Nadella

40-84 PATINES DE AGUJAS

Camino de rodadura



TIPO	A	H	L	h
PN 12-30	11,3	2,5	30	1,7 à 2,3
PN 18-48	17,8	3,5	48	2,3 à 3,3

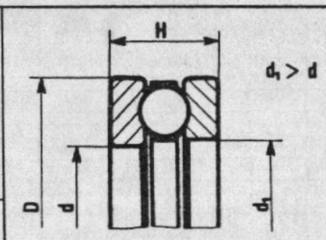
Cargas máximas en daN	PN 12-30	PN 18-48
Dureza de las pistas de rodadura	HRC ⩾ 60	
C_0	1 500	4 800
C	750	2 400
Dureza de las pistas de rodadura	HB ⩾ 235	
C_0	350	1 100
C	40	130
Dureza en las pistas de rodadura	HB ⩾ 150	
C_0	170	550
C	10	30

LONGITUD APROXIMADA DE TRENES DE PATINES ENGANCHADOS UNOS A OTROS

PN 12-30: 30 mm para el primer patín y 29,2 mm para los siguientes.
PN 18-48: 48 mm para el primer patín y 46,8 para los siguientes.

40-85 **RODAMIENTOS AXILES DE BOLAS DE EFECTO SIMPLE**

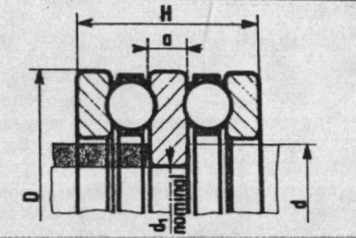
Tipo TA



Ejemplo de designación, ver § 40-3

40-86 **RODAMIENTOS AXILES DE BOLAS DE DOBLE EFECTO**

Tipo TDC

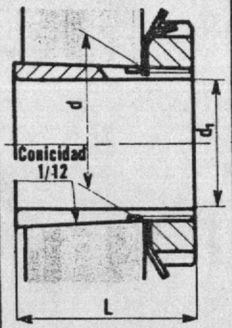


Ejemplo de designación, ver § 40-3

d	Serie dimensional 11					Serie dimensional 12					Serie dimensional 22							Serie dimensional 23						
	D	H	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	D	H	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	d_1	D	H	a	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn	d_1	D	H	a	C_o daN	C daN	n máx. rev/mn
10	24	9	1 120	765	10 000	26	11	1 370	980	10 000														
12	26	9	1 220	780	10 000	28	11	1 530	1 020	8 000														
15	28	9	1 340	815	8 000	32	12	2 000	1 200	8 000	10	32	22	5	2 000	1 200	8 000							
17	30	9	1 560	880	8 000	35	12	2 160	1 250	8 000														
20	35	10	2 160	1 160	8 000	40	14	3 050	1 700	6 000	15	40	26	6	3 050	1 700	6 000							
25	42	11	2 850	1 400	6 000	47	15	4 050	2 120	6 000	20	47	28	7	4 050	2 120	6 000	20	52	34	8	5 000	2 750	5 000
30	47	11	3 200	1 430	6 000	52	16	4 750	2 240	6 000	25	52	29	7	4 750	2 240	6 000	25	60	38	9	6 400	3 250	4 000
35	52	12	3 800	1 530	6 000	62	18	6 300	3 000	5 000	30	62	34	8	6 300	3 000	5 000	30	68	44	10	8 500	4 250	4 000
40	60	13	5 100	2 080	5 000	68	19	7 500	3 400	5 000	30	68	36	9	7 500	3 400	5 000	30	78	49	12	11 000	5 300	3 000
45	65	14	5 600	2 120	5 000	73	20	8 500	3 600	4 000	35	73	37	9	8 500	3 600	4 000	35	85	52	12	13 200	6 200	3 000
50	70	14	6 100	2 200	4 000	78	22	9 000	3 650	4 000	40	78	39	9	9 000	3 650	4 000	40	95	58	14	16 300	7 350	2 500
55	78	16	7 500	2 700	4 000	90	25	12 900	5 400	3 000	45	90	45	10	12 900	5 400	3 000	45	105	64	15	20 000	9 150	2 500
60	85	17	9 150	3 200	3 000	95	26	14 300	5 600	3 000	50	95	46	10	14 300	5 600	3 000	50	110	64	15	21 600	9 500	2 000
65	90	18	9 500	3 200	3 000	100	27	15 300	5 700	2 500	55	100	47	10	15 300	5 700	2 500	55	115	65	15	23 200	9 800	2 000
70	95	18	10 200	3 250	2 500	105	27	16 000	5 850	2 500	55	105	47	10	16 000	5 850	2 500	55	125	72	16	27 500	11 400	2 000
75	100	19	11 000	3 400	2 500	110	27	17 000	6 000	2 500	60	110	47	10	17 000	6 000	2 500	60	135	79	18	32 000	13 200	1 600
80	105	19	11 400	3 450	2 500	115	28	17 600	6 100	2 000	65	115	48	10	17 600	6 100	2 000	65	140	79	18	34 500	13 400	1 600
85	110	19	12 200	3 550	2 000	125	31	21 600	7 350	2 000	70	125	55	12	21 600	7 350	2 000	70	150	87	19	40 000	15 300	1 300
90	120	22	15 300	4 550	2 000	135	35	26 500	9 000	2 000	75	135	62	14	26 500	9 000	2 000	75	155	88	19	40 000	15 300	1 300
100	135	25	21 600	6 550	2 000	150	38	33 500	11 200	1 600	85	150	67	15	33 500	11 200	1 600	85	170	97	21	48 000	18 300	1 000
110	145	25	23 200	6 700	1 600	160	38	36 500	11 800	1 600	95	160	67	15	36 500	11 800	1 600	95	190	110	24	57 000	20 400	1 000
120	155	25	25 000	6 800	1 600	170	39	38 000	11 800	1 300	100	170	68	15	38 000	11 800	1 300	100	210	123	27	71 000	24 000	800
130	170	30	28 500	8 000	1 300	190	45	50 000	15 600	1 300	110	190	80	18	50 000	15 600	1 300							
140	180	31	30 500	8 150	1 300	200	46	53 000	16 000	1 000														
150	190	31	32 500	8 300	1 000	215	50	58 500	17 300	1 000														
160	200	31	34 500	8 650	1 000	225	51	61 000	17 600	1 000														
170	215	34	41 500	10 400	1 000	240	55	72 000	20 800	800														

Valores según S.K.F.

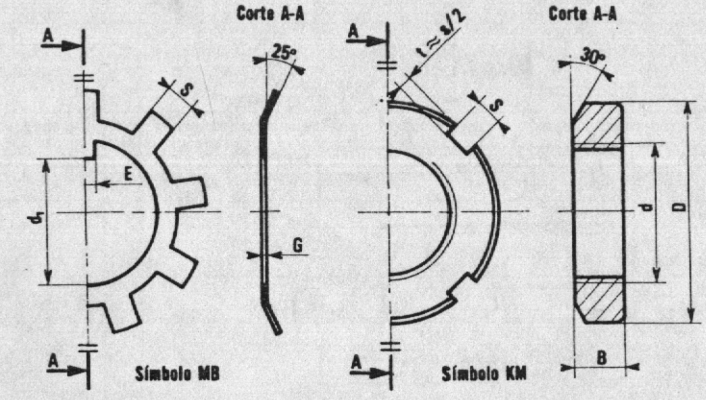
40-87 MANGUITO CÓNICO DE SUJECIÓN
Tipo HMB



d	d_1	L por series 02	L por series 22-03	L por series 23
20	17	24	28	31
25	20	26	29	35
30	25	27	31	38
35	30	29	35	43
40	35	31	36	46
45	40	33	39	50
50	45	35	42	55
55	50	37	45	59
60	55	38	47	62
65	60	40	50	65
70	60	41	52	68
75	65	43	55	73
80	70	46	59	78
85	75	50	63	82
90	80	52	65	86
95	85	55	68	90
100	90	58	71	97
105	95	60	74	101
110	100	63	77	105
120	110	72	88	112
130	115	80	92	121

Ejemplo de designación dimensional de un manguito de sujeción de agujero $d_1 = 65$, montado en un rodamiento de agujero $d = 75$ de la serie dimensional 02 y de longitud $L = 43$:
Manguito cónico 65 - 75 HMB 43 (NF E 22-310)

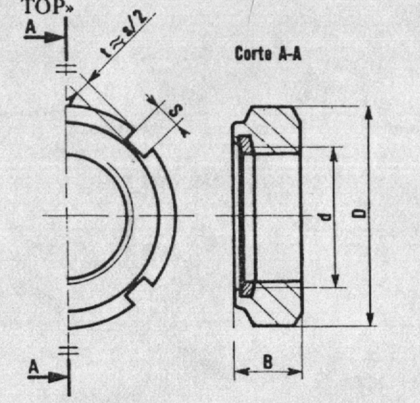
40-88 ARANDELAS-FRENO - TUERCAS ENTALLADAS



Nº	d × paso	D	B	S	d_1	E	G
0	M 10×0,75	18	4	3	8,5	3	1
1	12×1	22	4	3	10,5	3	1
2	15×1	25	5	4	13,5	4	1
3	17×1	28	5	4	15,5	4	1
4	20×1	32	6	4	18,5	4	1
5	25×1,5	38	7	5	23	5	1,25
6	30×1,5	45	7	5	27,5	5	1,25
7	35×1,5	52	8	5	32,5	6	1,25
8	40×1,5	58	9	6	37,5	6	1,25
9	45×1,5	65	10	6	42,5	6	1,25
10	50×1,5	70	11	6	47,5	6	1,25
11	55×2	75	11	7	52,5	8	1,25
12	60×2	80	11	7	57,5	8	1,5
13	65×2	85	12	7	62,5	8	1,5
14	70×2	92	12	8	66,5	8	1,5
15	75×2	98	13	8	71,5	8	1,5
16	80×2	105	15	8	76,5	10	1,75

Nº	d × paso	D	B	S	d_1	E	G
17	M 85×2	110	16	8	81,5	10	1,75
18	90×2	120	16	10	86,5	10	1,75
19	95×2	125	17	10	91,5	10	1,75
20	100×2	130	18	10	96,5	12	1,75
21	105×2	140	18	12	100,5	12	1,75
22	110×2	145	19	12	105,5	12	1,75
23	115×2	150	19	12	110,5	12	2
24	120×2	155	20	12	115	14	2
25	125×2	160	21	12	120	14	2
26	130×2	165	21	12	125	14	2
27	135×2	175	22	14	130	14	2
28	140×2	180	22	14	135	16	2
29	145×2	190	24	14	140	16	2
30	150×2	195	24	14	145	16	2
32	160×3	210	25	16	154	18	2,5
34	170×3	220	26	16	164	18	2,5
36	180×3	230	27	18	174	20	2,5

40-89 TUERCAS AUTOBLOCANTES «NYLSTOP»



Serie normal RN				Serie reforzada RF			
d × paso	B	D	S	d × paso	B	D	S
M 10×0,75	7,4	18	3				
12×1	7,4	21	3				
15×1	8,4	24	4				
17×1	8,4	28	4				
20×1	9,4	32	4				
25×1,5	10,3	38	5	M 25×1,5	14	38	5
30×1,5	10,9	44	5	30×1,5	14	44	5
35×1,5	11,1	50	5	35×1,5	15	50	5
40×1,5	12,1	56	6	40×1,5	16,5	56	6
45×1,5	12,1	62	6	45×1,5	16,5	62	6
50×1,5	12,7	68	6	50×1,5	18,5	68	6
55×2	13,2	75	7	55×2	18,5	75	7
60×2	13,2	80	7	60×2	18,5	80	7
65×2	14,2	85	7	65×2	19,5	85	7
70×2	14,2	92	8	70×2	19,5	92	8
75×2	15,3	98	8	75×2	20,5	98	8
80×2	16,3	105	8	80×2	20,5	105	8
85×2	17,3	110	8	85×2	21,5	110	8
90×2	17,5	120	10	90×2	21,5	120	10
95×2	18,5	125	10	95×2	24	125	10
100×2	19,5	130	10	100×2	24	130	10

* Fabricación Simmonds

41 Lubricación de los rodamientos

La lubricación de los rodamientos tiene como objetivos principales:

- disminuir los rozamientos,
- reducir el desgaste,
- evitar la corrosión.

41■1 Lubricación con grasa

La lubricación con grasa es económica y relativamente sencilla, pero **no está indicada para grandes velocidades de giro** (velocidades máximas del orden de la mitad de las indicadas en las tablas del capítulo precedente).

ELECCIÓN DE LAS GRASAS

La elección de una grasa depende de sus condiciones de utilización (velocidad de giro, temperatura, medio ambiente, etc.). Se utilizan esencialmente grasas compuestas de aceite mineral y de materiales saponificables (litio, sodio, potasio, etc.). Una grasa no debe contener ácidos ni partículas abrasivas. Para las altas temperaturas (250 ºC) se utilizan grasas con siliconas o con bisulfuro de molibdeno.

ENGRASE DE POR VIDA O PARA VARIOS AÑOS

Este tipo de engrase está indicado para los aparatos domésticos, pequeños motores eléctricos, etc.

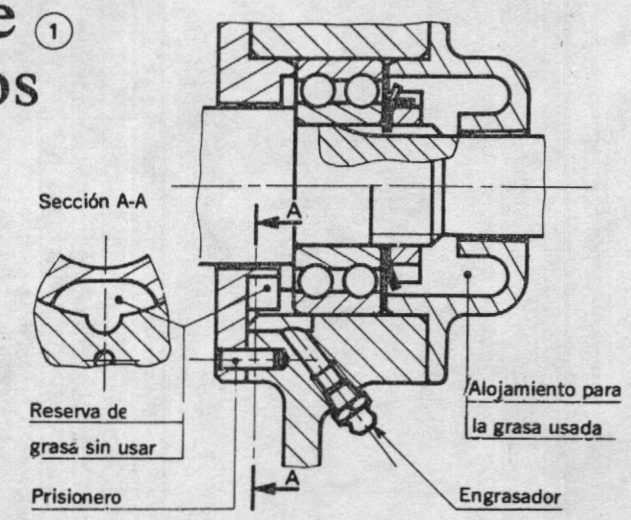
El engrase se efectúa en el montaje o con ocasión de las revisiones de mantenimiento. Es inútil un dispositivo de engrase.

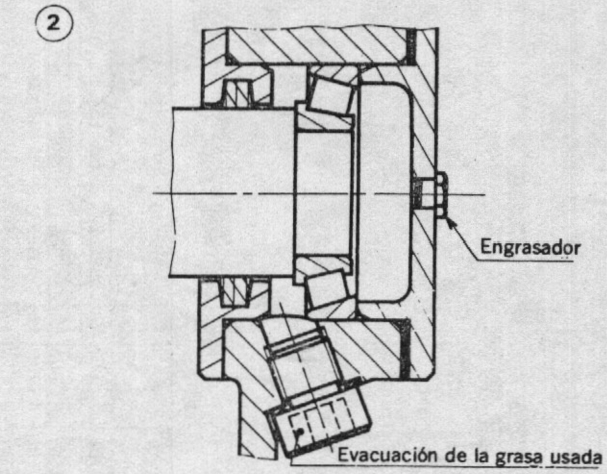
ENGRASE ANUAL O SEMESTRAL

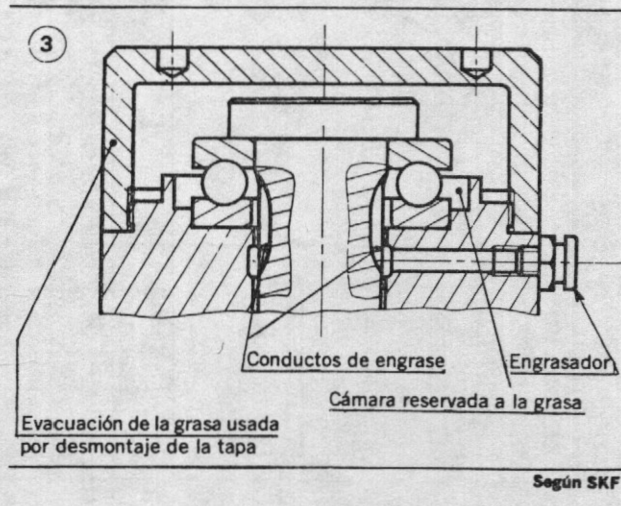
Es el tipo de engrase más frecuente. Se prevé un dispositivo de «engrase dirigido». Permite que la grasa desemboque preferentemente en la **parte inferior** del rodamiento (fig. 1) y lo más cerca posible de éste. Se prevé un alojamiento para la grasa usada y la posibilidad de evacuarla al cabo de varios engrases.

Para los rodamientos de rodillos cónicos, la entrada de la grasa se hace por el lado del diámetro pequeño de los rodillos (fig. 2). De esta manera se asegura una circulación automática de la grasa por efecto del bombeo debido a las superficies cónicas del rodamiento.

Para un tope, la grasa tiene que entrar por su parte central (fig. 3).







Según SKF

ENGRASE FRECUENTE

Se utiliza para rodamientos que giran a una velocidad relativamente grande. Además del dispositivo de engrase, se prevé una evacuación de la grasa usada para evitar llenar demasiado los cojinetes (peligro de recalentamiento, aumento del par resistente). La cantidad máxima admisible de grasa debe estar comprendida entre la mitad y el tercio del volumen disponible.

La «válvula de engrase» SKF (fig. 1) permite la evacuación automática de la grasa usada excedente. Está constituida por un disco giratorio. El exceso de grasa se expulsa por efecto de la fuerza centrífuga a una garganta circular. Luego se elimina a través de una abertura oblonga que desemboca en la garganta y se recoge en un receptáculo.

41.2 Lubricación con aceite

El aceite da una lubricación excelente para todos los tipos de rodamientos. Se utilizan aceites minerales sin ácidos ni partículas abrasivas.

La lubricación puede hacerse por distintos procedimientos.

LUBRICACIÓN POR BAÑO DE ACEITE (fig. 2)

Para evitar un recalentamiento demasiado importante de los cojinetes, se limita el nivel de aceite a la altura del centro del elemento rodante más bajo. Para obtener una lubricación de gran duración (pequeña variación del nivel de aceite) es necesaria una superficie de aceite bastante grande.

LUBRICACIÓN POR CIRCULACIÓN FORZADA (fig. 3)

Esta solución ofrece las posibilidades de filtrar el aceite y de refrigerar los cojinetes.

Necesita un motor y una bomba para dar presión al aceite.

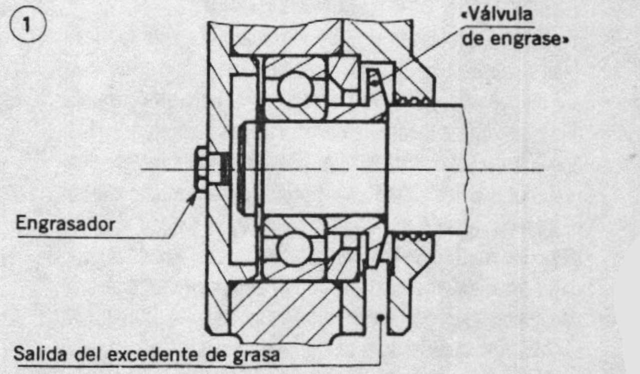
LUBRICACIÓN POR PROYECCIÓN DE ACEITE (fig. 4)

Principio:

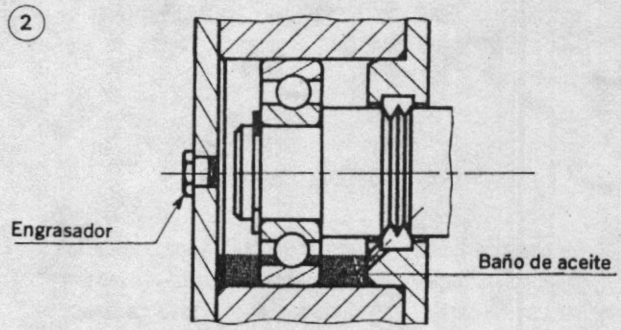
Unos órganos mecánicos en movimiento se cargan de aceite por «chapoteo» en un carter. Por la acción de la fuerza centrífuga, el aceite se proyecta directamente sobre los rodamientos o se recoge en un canalón que lleva el aceite a los rodamientos.

Las proyecciones de aceite son a menudo demasiado abundantes. (Éste es el caso, concretamente, de una transmisión por engranaje con un diámetro de piñón más pequeño que el del rodamiento más cercano). Se pueden limitar estas proyecciones de aceite empleando deflectores.

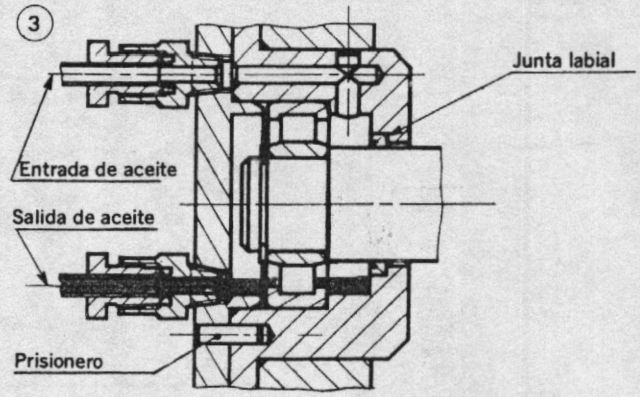
1



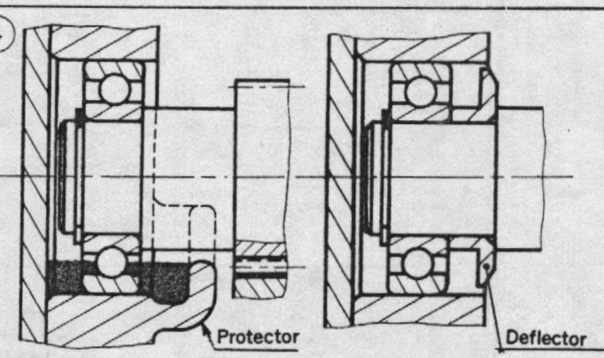
2



3



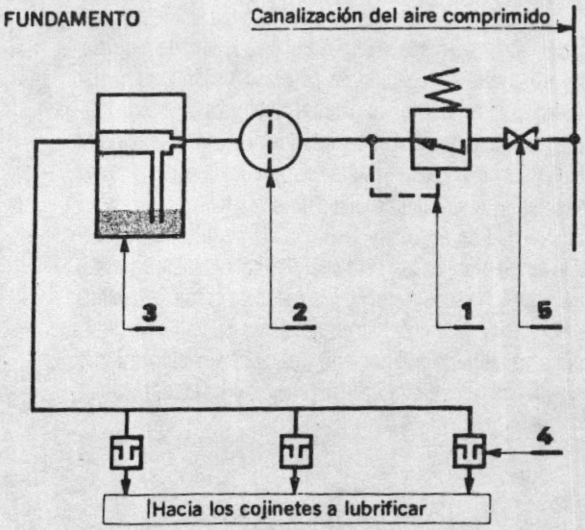
4



Según SKF

LUBRICACIÓN POR NEBLINA DE ACEITE

Para las velocidades de giro elevadas, la mejor lubricación se obtiene por neblina de aceite. La neblina se obtiene por un pulverizador de aire comprimido. Este aire cargado de finas gotitas de aceite penetra en los cojinetes, en los que lubrifica las partes más pequeñas. La sobrepresión resultante en los cojinetes los protege eficazmente contra la introducción de polvos abrasivos. Para reducir el consumo de aceite y evitar una atmósfera cargada de aceite en la proximidad de los cojinetes, se puede efectuar una condensación previa por medio de una boquilla de condensación. Entonces el aire comprimido arrastra la pequeña cantidad de aceite contenida en la neblina sobre los rodamientos. Este aceite se utiliza casi totalmente en la lubricación y una cantidad mínima sale fuera de los cojinetes.

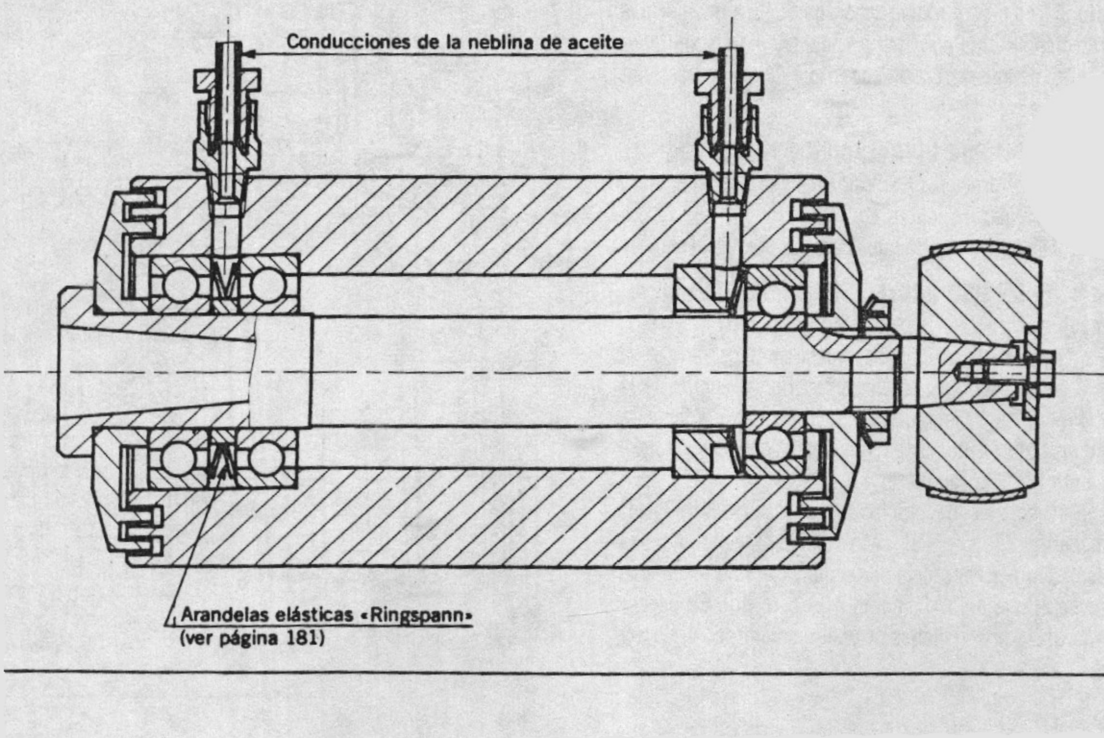


1 – **Reductor de presión para $p \approx 0{,}5$ a 1 bar**
2 – **Filtro**
3 – **Pulverizador**
4 – **Raccord eventual de condensación**
5 – **Válvula**

41■3 Recomendaciones

La duración de un mecanismo depende a menudo de la lubricación. Por ello se aconseja con mucho interés redactar una **ficha de instrucciones de engrase** cada vez que sea necesario.

BROCHA DE RECTIFICADO INTERIOR POR NEBLINA DE ACEITE



42 Engrasadores y mirillas

42.1 Engrasadores

Se distinguen cuatro tipos principales de engrasadores (fabricación tipo seleccionada por Técalémit).

42.11 Engrasadores «Hydraulic»

Son adecuados para el engrase a **alta presión.** La forma de la cabeza está prevista para un empalme rápido a la bomba de engrase.
Estos engrasadores pueden montarse en agujeros roscados (serie normal) o en agujeros lisos (engrasadores autorroscantes).

ROSCADO
La «serie normal» es de roscado cónico, perfil normal ISO (también se fabrican con rosca de gas, Briggs o Whitworth).
Los engrasadores autorroscantes tienen un perfil especial.

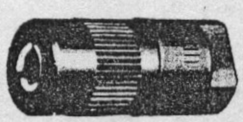
> **Un engrasador de la serie normal puede sustituir a un engrasador autorroscante y viceversa si los diámetros y los pasos son iguales.**

42.12 Engrasadores de «cabeza hexagonal»

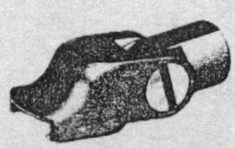
Son adecuados para el engrase a **presión media.** La forma de la cabeza permite un empalme con la grapa de la bomba por desplazamiento radial.

ROSCADO
El roscado es cilíndrico, perfil ISO, excepto el M 6 × 1 miniatura, cuyo roscado es cónico.

RACORES PARA BOMBAS DE ENGRASE



Racor «hydraulic»



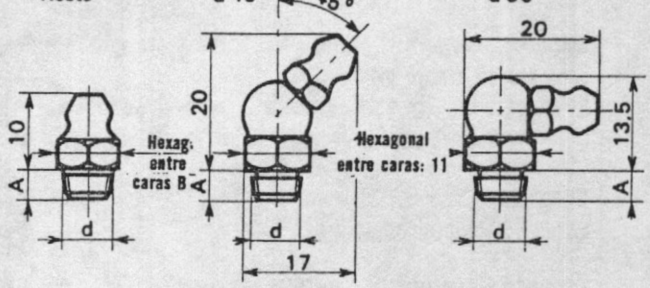
Racor «six pans»

Fotos Hachette

Tecalemit

ENGRASADORES «HYDRAULIC» Serie standard

Recto a 45° a 90°



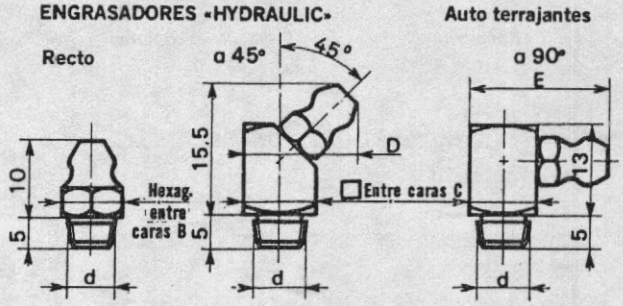
Material acero XC 10 cincado brillante
Cabeza cementada y trempada

d × paso	A	B	d × paso	A	B
M 6 × 1 cort*	2,7	7	M 8 × 1,25	7	9
M 6 × 1	5	7	M 10 × 1	5	11
M 7 × 1	5	8	M 10 × 1,5	7	11
M 8 × 1	5	9	M 12 × 1,75*	5	14

* Engrasadores rectos solamente.

ENGRASADORES «HYDRAULIC» Auto terrajantes

Recto a 45° a 90°



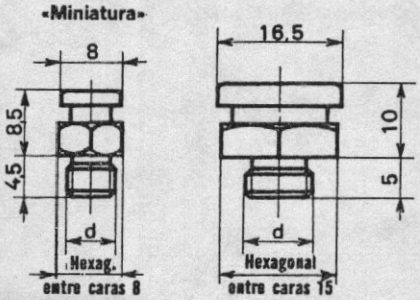
Material acero XC 10 cincado brillante
Cabeza y cuerpo cementado y trempado

d × paso	B	C	D	E	Ø talad.*
6 × 1	7	9	14,5	18,8	5,4
8 × 1	9	9	14,5	18,8	7,4
10 × 1	11	11	16,5	20,8	9,4

* Valores admisibles para atorn. dentro de: Adx-A 37-UZ 39 Pb-Ft 22

ENGRASADOR HEXAGONAL Serie standard

«Miniatura»



d × paso
M 6 × 1
M 7 × 1
M 8 × 1
M 8 × 1,25
M 10 × 1
M 10 × 1,5
M 12 × 1,75

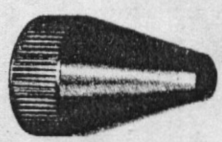
Material: acero cincado brillante

42■13 Engrasadores «Lub» y «Metrolub»

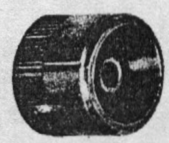
Son adecuados para el engrase con aceite o con grasa poco espesa a **baja presión.**
El **engrasador liso** está destinado a montarse «a presión» en un agujero del mismo diámetro nominal.

ROSCADO
El roscado es cónico, perfil ISO.

RACORES PARA BOMBAS DE ENGRASE
Las formas conjugadas de la cabeza de los engrasadores y del racor de la bomba facilitan su colocación y su mantenimiento durante el engrase.



Racor «lub»



Racor «métrolub»

Fotos Hachette

42■14 Engrasadores de depósito «con tornillo»

Permiten disponer de una reserva bastante importante de grasa. De esta manera se puede asegurar un engrase periódico y muy rápido, atornillando la maneta.

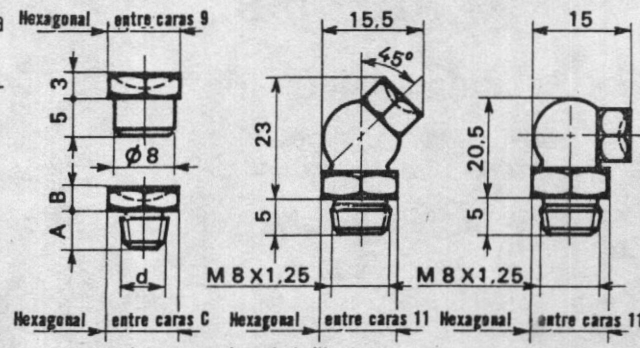
42■2 Mirillas

Las mirillas permiten comprobar el nivel de aceite en el interior de un mecanismo. El modelo descrito lo fabrica la casa JL. Su particularidad es la de tener un reflector. De esta manera el nivel de aceite es muy visible y permite una comprobación más agradable y más rápida.

ROSCADO
El roscado es cilíndrico, rosca gas (excepto un modelo con rosca ISO).

D	d	A	H	h
G 3/8	12	24	8	8
18×1	14	24	8	8
G 1/2	14	26	8	8
G 3/4	19	30	8	8
G 1	21	40	9	12

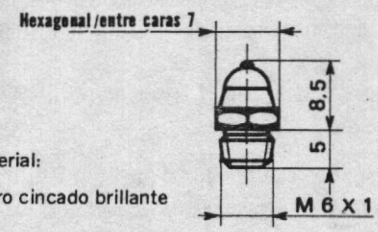
ENGRASADORES «LUB»



Material: acero cincado brillante

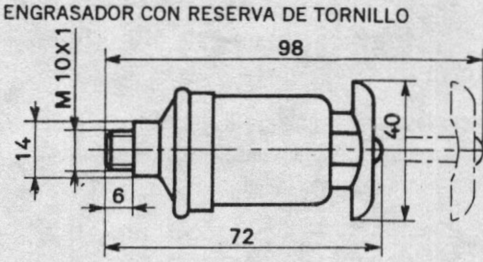
d × paso	A	B	C	d × paso	A	B	C
M6×1 cort.	2,7	5,3	7	M 8×1,25	5	3	9
M6×1	5	3	7	M 10×1,50	5	3	11

ENGRASADOR «METROLUB»

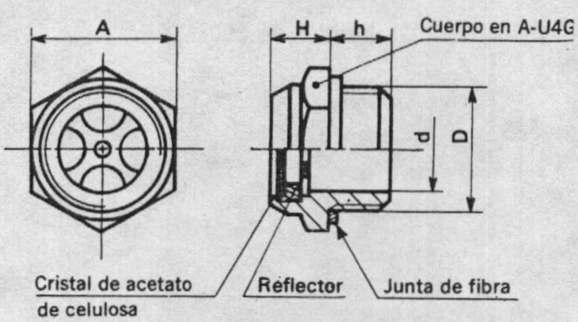


Material:
acero cincado brillante

ENGRASADOR CON RESERVA DE TORNILLO



MIRILLA PARA NIVEL DE ACEITE



43 Protección de los rodamientos

La protección de los rodamientos tiene un doble objetivo:
- evitar la penetración de impurezas,
- impedir los escapes de lubricante.

43 1 Dispositivos de protección sin rozamiento

Estos dispositivos se basan en unas gargantas y laberintos que se llenan de grasa en el montaje. Se obtiene de esta manera una obturación eficaz particularmente **contra la penetración de materiales abrasivos.**

OBSERVACIONES:
- La forma más o menos complicada de las gargantas y de los laberintos depende de las condiciones de funcionamiento y del modo de lubricación.
- Estos dispositivos son particularmente adecuados para las **velocidades de giro muy grandes** y no requieren prácticamente **ningún mantenimiento.**

43 11 Dispositivos para lubricación con grasa

43 111 Paso estrecho

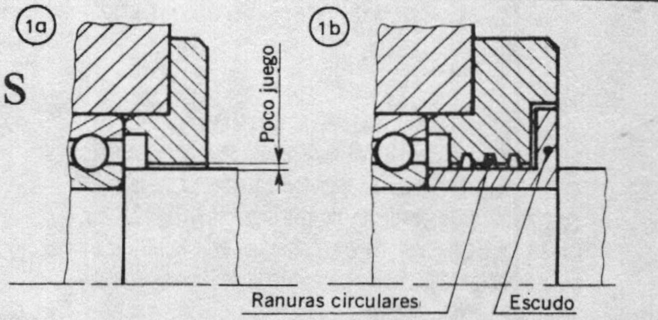
La estanqueidad se obtiene por un juego pequeño entre el árbol y la tapa. Cuanto menor sea el juego mejor será la estanqueidad (fig. 1a).
Esta solución se puede mejorar con ranuras anulares (tres como mínimo) (fig. 1b). La adición de un deflector aumenta todavía más la eficacia.

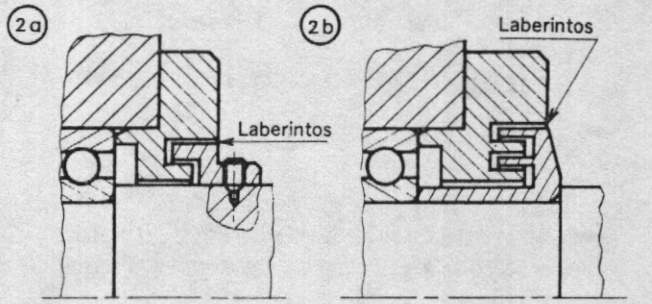
43 112 Dispositivos con laberinto

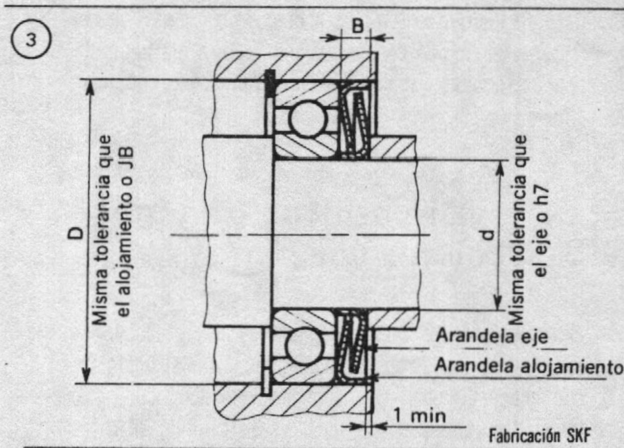
Las figuras 2a y 2b representa una disposición de los laberintos de manera que impidan la penetración de agua o de impurezas exteriores.

43 113 Arandelas Z

Son discos de chapa de acero embutida. Se emplean uno o varios pares de arandelas según las condiciones de utilización. Han de montarse como se indica en la figura 3, de modo que se expulsen las impurezas exteriores por efecto centrífugo. Su montaje se hace con apriete. Este apriete puede ser suficiente para fijar lateralmente el rodamiento si el empuje axil es pequeño.







Fabricación SKF

Serie de diámetros 0				Serie de diámetros 2				Serie de diámetros 3			
Referenc.	d	D	B	Referenc.	d	D	B	Referenc.	d	D	B
Z 000	10	26	4	Z 200	10	30	4	Z 300	10	35	4
Z 001	12	28	4	Z 201	12	32	4	Z 301	12	37	4
Z 002	15	32	4	Z 202	15	35	4	Z 302	15	42	5
Z 003	17	35	4	Z 203	17	40	4	Z 303	17	47	5
Z 004	20	42	5	Z 204	20	47	5	Z 304	20	52	5
Z 005	25	47	5	Z 205	25	52	5	Z 305	25	62	6
Z 006	30	55	5	Z 206	30	62	6	Z 306	30	72	6
Z 007	35	62	6	Z 207	35	72	6	Z 307	35	80	6
Z 008	40	68	6	Z 208	40	80	6	Z 308	40	90	6
Z 009	45	75	6	Z 209	45	85	6	Z 309	45	100	6
Z 010	50	80	6	Z 210	50	90	6	Z 310	50	110	6
Z 011	55	90	6	Z 211	55	100	7	La referencia comprende una arandela eje y una arandela alojamiento.			
Z 012	60	95	6	Z 212	60	110	7				

43■12 Dispositivos para lubricación con aceite

43■121 Dispositivos con ranuras

La salida del aceite se evita por medio de ranuras labradas en el árbol. El aceite se expulsa por efecto de la fuerza centrífuga a un conducto de recuperación (fig. 1).
La adición eventual de un deflector precedido de una ranura bastante profunda permite obtener una estanqueidad muy buena.

OBSERVACIÓN:
Se obtiene un resultado análogo si se sustituye la ranura por un collarín (fig. 2).

43■122 Turbina de hélice

Se labra en el árbol un filete helicoidal (fig. 3). El sentido de la hélice se elige de manera que conduzca el aceite hacia el interior del cojinete.
Este dispositivo se emplea a menudo cuando se desea proteger el órgano de una máquina contra las fugas de aceite del cojinete (colector de motor eléctrico, por ejemplo).

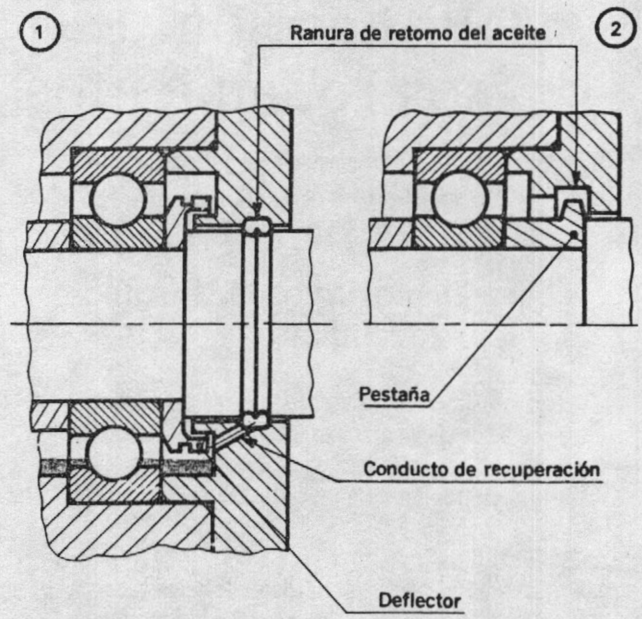
43■2 Dispositivos de protección con rozamiento

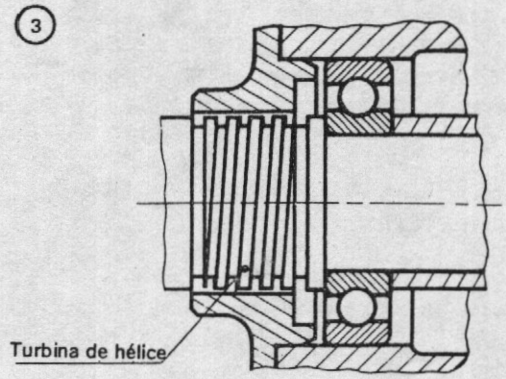
El objeto esencial de los dispositivos de protección con rozamiento es el de buscar una estanqueidad absoluta. No son adecuados para las grandes velocidades de giro (función de cada tipo de junta, véase capítulo 44).

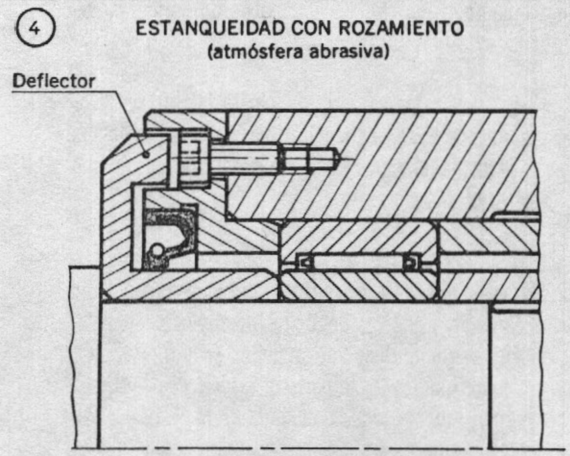
Los dispositivos con rozamiento (juntas) empleados en atmósfera abrasiva han de protegerse con deflectores simples o de laberinto. De esta manera se evita un desgaste rápido de la junta y del árbol (fig. 4).

> **Entre las juntas del capítulo 44 se escogerá la que se adapte mejor al problema considerado.**

OBSERVACIÓN GENERAL:
Los rodamientos radiales de una fila de bolas pueden suministrarse con una protección lateral por bridas o por juntas herméticas (40.211).







44 Juntas herméticas

Las juntas permiten obtener una estanqueidad entre dos recintos de un mecanismo. La estanqueidad que hay que obtener es entre las uniones (estanqueidad estática) o entre las guías (estanqueidad dinámica). Hay que tener también en cuenta las condiciones de funcionamiento (presión, temperatura, fluido a obturar, etc.).

44■1 Juntas planas de forma cualquiera

Estas juntas se recortan generalmente de un material en hojas y son adecuadas para estanqueidades estáticas. Elegir una junta es determinar su **espesor** y su **material.**

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR

El espesor de una junta depende esencialmente de la rugosidad de las superficies sobre las que se aplica. El espesor de la junta disminuye si disminuye la rugosidad de las superficies.

De manera general el espesor de una junta se elige lo más pequeño que se pueda. De esta manera se reducen:

- los efectos de la presión sobre la placa de la junta,
- el precio de la junta.

ELECCIÓN DEL MATERIAL

Corrientemente se elige entre los materiales siguientes el que satisface mejor las exigencias de funcionamiento (fluido a obturar, temperatura, etc.), y cuyo precio sea más bajo.

Tipos	Materiales	Propiedades	Dimensiones	Utilización	Precio relativo*
Papeles	Papeles y cartones ordinarios.	Función de la impregnación.	Espesores de 0,10 a 3,2 mm.	Fabricaciones unitarias (impregnación a mano).	1
Papeles	Papel de fibras largas impregnado con una resina termoplástica.	Particularmente adecuado para agua e hidrocarburos. Temp. máx. 125 °C.	Ancho: 500 mm. Espesores: 0,27 y 0,5 mm.	Evita la impregnación en el montaje, pero requiere una fuente de calor (50 °C a 125 °C).	9
Papeles	Papel armado impregnado (una hoja de aluminio pegada entre dos hojas de papel).	Buena estabilidad dimensional. Temperatura máxima: 125 °C.	Placas: 1.000 × 500 mm. Rollos, anchura: 500 mm. Espesores: 0,25 a 3 mm.	Juntas de carter, de cajas de cambio, etc.	10
Papeles	Papel de Manila impregnado.	Resiste al envejecimiento y al enmohecimiento. Adecuado para el agua y los hidrocarburos.	Ancho: 915 mm. Espesores: 0,25 - 0,4 - 0,9 - 1,6.	Junta de carburador.	5 a 10
Papeles	**Observación general:** estas juntas requieren superficies bien mecanizadas (Ra ≤ 3,2).				
Goma amianto	Fibras de amianto con un aglutinante sintético.	Indicado para el vapor de agua (300 °C máx.).	Placas: 1.000 × 1.000 mm. Espesores: 0,5 - 1 - 2 mm.	Aparatos de vapor a baja presión.	6
Goma amianto	Fibras de amianto con aglutinantes sintéticos.	Aglutinante de caucho: resiste al agua. Aglutinante de neopreno: resiste a los aceites.	Placas de 1.000 × 1.000 a 2.000 × 3.000 mm. Espesores: de 0,3 a 4 y 5 mm.	Material especial para productos de refrigeración.	13 a 20

Según Jicey-France.

* A título de primera estimación, para espesor y superficie iguales.

Tipos	Materiales	Propiedades	Dimensiones	Utilización	Precios relativos*
Goma amianto	Amianto y caucho grafitado.	Resiste al vapor a alta presión (270 °C - 50 bars).	Placas: 1.000 × 1.000 mm. Espesores: 0,5 - 1 - 1,5 - 2 mm.	Máquinas térmicas.	12
Fibras	Fibra vulcanizada (celulosa y cloruro de cinc).	Apropiado para el agua y los hidrocarburos. Temperatura máx.: 105 °C.	Placas: 1.200 × 2.000 mm. Espesores: de 0,2 a 25 mm.	Juntas para conducciones de agua, aceite y gasolina.	9
	Fibra química.	Más flexible que la fibra vulcanizada, no se rompe con la manipulación.			6
Corchos	Corcho armado (una hoja de aluminio pegada entre dos hojas de corcho aglomerado).	Buena estabilidad dimensional. Buena resistencia a la deformación.	Anchura: 500 a 700 mm. Longitud: 1.000 mm. Espesores: de 1 a 6 mm.	Carters (aceite, gasolina). **Observación general:** Estas juntas se adaptan muy bien, a las imperfecciones de las superficies.	6
	Corcho con butadieno (granulados de corcho revestidos con butadieno).	Adecuado para aceite y gasolina a baja presión. Temperatura de utilización: de –20 °C a + 100 °C.	Placas: 900 × 600 mm. Espesores: 1,5 - 2 - 5 mm.		6
Cauchos	Perbunan A 77 (butadieno con nitrilo acrílico).	Excelente resistencia a los hidrocarburos no aromáticos. Temperatura de utilización: de –20 °C a + 120 °C.	Placas de 960 × 960 mm. Espesores: de 1 a 5 mm.	Juntas para conducciones de gasolinas, aceites, disolventes.	12 a 25
	Neopreno (policloropreno modificado con azufre, estabilizado por un disulfuro de tiurano).	Buena resistencia a los aceites, a los agentes atmosféricos y al desgarramiento.	Placas: 960 × 960 mm. Espesores: de 1 a 5 mm.	Todos los materiales sometidos a los agentes atmosféricos (aviación, marina, etc.).	12 a 25
	Viton B (copolímero de hexafluopropileno y de fluoruro de vinilideno).	Excelente resistencia a los hidrocarburos, al cloro y a los alcoholes no metílicos. Temperatura de utilización: de –50 °C a 315 °C.	Placas: 450 × 450 mm. Espesores: de 2 a 10 mm.	Industrias química, atómica, aeronáutica, etc.	200
Juntas metaloplásticas	Alliplastic (hojas de aluminio (A4-A5) recocido con un espesor de 0,05 a 1 mm apiladas y encoladas con una resina sintética).	Además de las características propias del aluminio, la disposición en capas aumenta la plasticidad. Temperatura de utilización: de –50 °C a 250 °C. Ajuste del espesor por peladura.	Longitud: 1.000 mm (posible: 3.000 mm). Anchura: 500 mm. Espesores: de 0,5 a 3,5 mm.	Juntas de culata (no da aislamiento térmico). El espesor de la junta es igual a diez veces la suma de las tolerancias de forma y de rugosidad.	40
	Cobre-amianto (fibra de amianto entre dos hojas de cobre).	Resiste a las altas temperaturas (unos 500°).		Junta de bujía de encendido (aislamiento térmico).	50**
OTROS MATERIALES	Aluminio - Cobre - Plomo - Nylon - Teflon - Caucho natural, etc. (véase también el capítulo 57).				

*A título de primera estimación, para espesor y superficie iguales.

**Muy variable, según el tipo de junta.

Según Jicey-France.

44■2 Principales juntas del mercado

44■221 Juntas circulares normalizadas

NF E 21-351

Estas juntas se hacen de todos los materiales y en particular de los indicados en § 44.1.

D	B_1	B_2	C	D	B_1	B_2	C
6	10		1 a 1,5	(27)	35		1 a 2
8	12			30	38		
10	15			(33)	42	41	
12	17			36	45	44	
14	19			(39)	48	47	
16	22			42	52	50	
18	24			(45)	55	53	
20	26		1 a 2	48	58	56	
22	30			(52)	62	60	
24	32			56	66	64	
Evitar el empleo de los valores entre paréntesis.							

APLICACIONES:
Estanqueidad estática (tapón de descarga fig. 2, paso de pernos, etc.).

44■22 Anillos junta

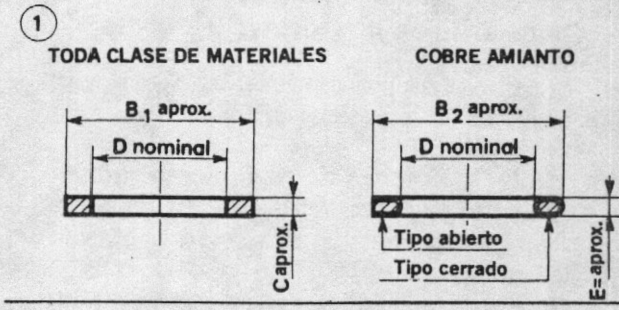
Están compuestos por una arandela metálica que lleva en su interior un anillo de caucho sintético de sección trapecial.

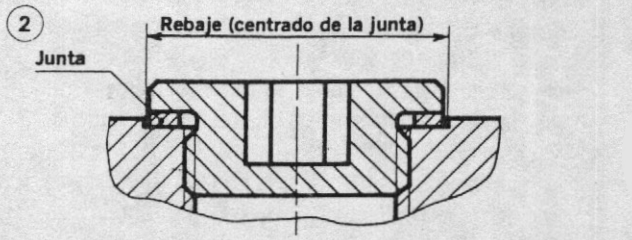
d	D	s	d	D	s	d	D	s
5	10	1	14	21	1,5	24	33	2
6	11		16	23		27	36	
8	13		18	27	2	30	39	
10	17	1,5	20	29		33	42	
12	19		22	31		36	48	2,5

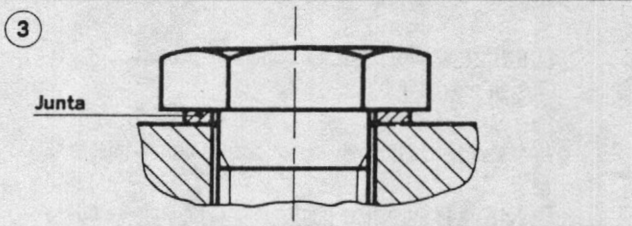
APLICACIONES:
Estanqueidad estática (empalme de conducciones fig. 5, tapón de vaciado fig. 2, paso de pernos fig. 3, etc.).

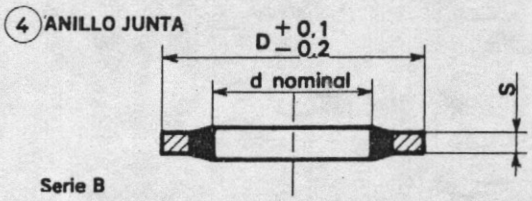
44■23 Fieltros de estanqueidad

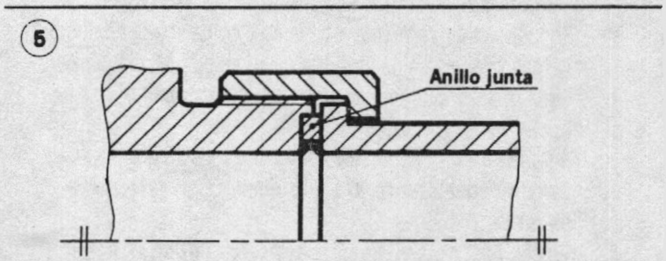
Para las aplicaciones estáticas, se recortan de placas (§ 44.1).
Para las aplicaciones dinámicas, se utilizan a menudo en forma de **tiras de sección rectangular.** Después se colocan en gargantas (fig. 6).

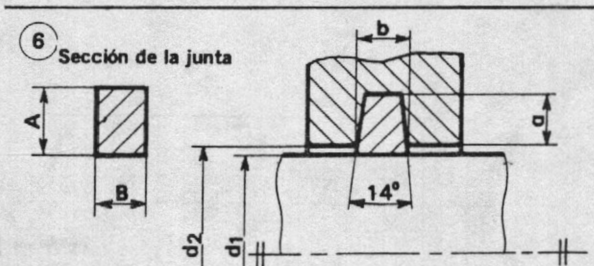












44■24 Retenes labiales para árboles giratorios

Se distinguen dos tipos de retenes, según que el labio proporcione una estanqueidad radial o axil.

44■241 Retenes de rozamiento radial

Se fabrican a partir de una mezcla a base de elastómero de nitrilo estudiada para resistir a la mayoría de los lubricantes usuales.

Para los retenes IE o ET se orienta el labio del lado del fluido a obturar, de manera que la presión apoye el labio sobre el árbol (fig. 2 b).

Se obtiene una estanqueidad en ambos sentidos:

- poniendo dos retenes IE o ET en sentido opuesto (fig. 2 b),
- utilizando un retén IEL cuyo segundo labio asegura una estanqueidad llamada «antipolvo» (fig. 2 a).

Engrasar los retenes antes del montaje.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN:

Presión máxima: 1 bar.

Temperaturas de utilización: −35°, + 120° C.

Velocidad periférica máxima en la zona de rozamiento: 8 ms⁻¹.

Elegir para la superficie de rozamiento un material duro y por encima de 4 ms⁻¹ efectuar un tratamiento de la superficie para obtener una dureza de HRC ≥ 60.

DESIGNACIÓN DIMENSIONAL

Retén labial tipo ———————— D × d.

44■242 Retenes de rozamiento axil

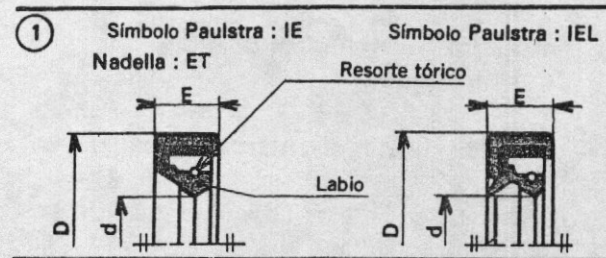
Se fabrican enteramente a base de elastómero de nitrilo.

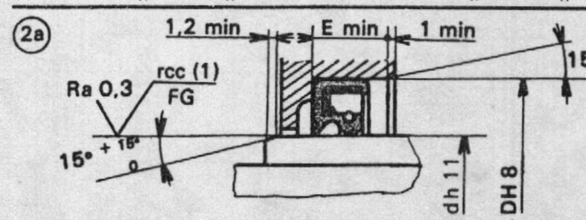
Actúan a la vez como un retén labial y como un disco que rechaza todo cuerpo que entre en contacto con él por la acción de la fuerza centrífuga.

A partir de una velocidad periférica de 23 ms⁻¹ en la zona de rozamiento el labio queda expuesto a despegarse.

Rugosidad de la superficie de rozamiento: Ra ≤ 0,8.

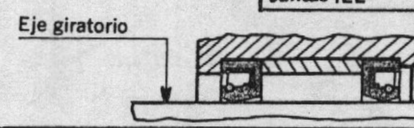
Para la orientación del labio, el mismo principio que en el § 44.241.





(1) Rectificar verticalmente

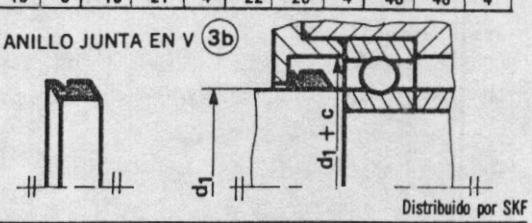
Coaxialidad entre D y d	
Juntas IE et ET	Ø 0,15
Juntas IEL	Ø 0,05



Juntas			Paulstra			Tipos		IE	y		IEL
d	D	E	d	D	E	d	D	E	d	D	E
8	22	8	22	40	8	42	60	12	62	85	12
9	25	8	25	42	8	45	62	12	65	85	12
10	25	8	28	45	8	48	68	12	70	90	12
12	28	8	30	48	8	50	72	12	75	95	12
15	30	8	32	50	8	52	75	12	78	100	13
17	35	8	35	52	10	55	75	12	80	100	13
18	35	8	38	55	10	58	80	12	85	110	13
20	38	8	40	58	10	60	80	12	90	110	13

Juntas			Nadella				Tipo				ET
d	D	E	d	D	E	d	D	E	d	D	E
6	10	2	10	16	3	16	22	3	25	33	4
7	11	2	12	18	3	17	23	3	28	36	4
8	12	3	13	19	3	18	24	4	30	38	4
8	14	3	14	20	3	20	26	4	35	43	4
9	13	3	15	21	4	22	28	4	40	48	4

3a ANILLO JUNTA EN V 3b



Distribuido por SKF

d_1	b	c	Nº	d_1	b	c	Nº	d_1	b	c	Nº	d_1	b	c	Nº	d_1	b	c	Nº
5,5 a 7,5	5,2	6	V 6	15,5 a 17,5	7,7	9	V 16	27 a 29	10,5	12	V 28	48 a 53	13	15	V 50	73 a 78	15,5	18	V 75
7,5 a 9,5			V 8	17,5 a 19,5			V 18	29 a 33			V 30	53 a 58			V 55	78 a 85			V 80
9,5 a 11,5	7,7	9	V 10	19 a 21	10,5	12	V 20	33 a 38			V 35	58 a 63			V 60	85 a 95			V 90
11,5 a 13,5			V 12	21 a 24			V 22	38 a 43	13	15	V 40	63 a 68			V 65	95 a 105			V 100
13,5 a 15,5			V 14	24 a 27			V 25	43 a 48			V 45	68 a 73	15,5	18	V 70	105 a 115	17,5	21	V 110

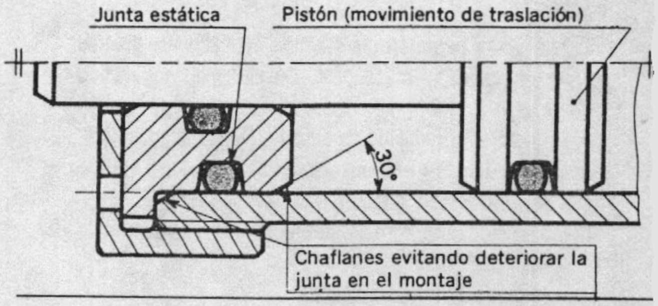
44■25 Juntas toroidales

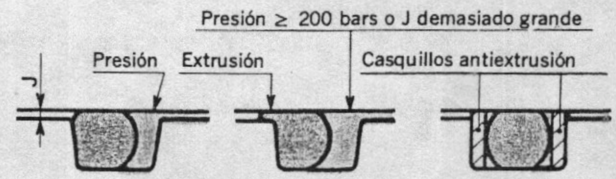
Estas juntas aseguran una excelente estanqueidad para **presiones que van desde el vacío hasta 500 bars. Se utilizan para aplicaciones estáticas y para movimientos de traslación alternativos.** También pueden estar indicados para movimientos giratorios lentos (velocidad periférica inferior a 0,5 ms^{-1}).

El juego J (figura adjunta) debe ser tanto más reducido cuanto más elevada sea la presión. Se admite en general un juego máximo que corresponde al de un ajuste:

- H7/f7 si la presión es inferior a 100 bars.
- H7/g6 si la presión está comprendida entre 100 y 200 bars.

A partir de 200 bars el juego ha de ser muy reducido (algunas micras). Esta condición se obtiene por medio de uno o dos aros antiextrusión.





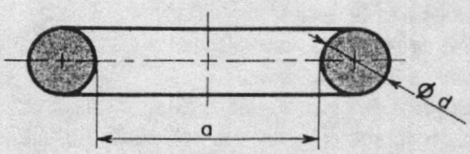
44■251 Elección de una junta

En principio, el diámetro medio de una junta y el diámetro medio de la garganta que la recibe han de ser idénticos. En la práctica, una junta admite una ligera extensión (del 2 al 5 % según las proporciones).

MATERIALES	Perbunan	Neoprene	Silicona	Viton
Aplicaciones	Hidrocarburos	Aceite envejecimiento	Temperaturas Dieléctrico	Ácidos Hidrocarburos
Temperaturas de utilización	−15 +130°C	−40 +120°C	−55 +250°C	−30 +200°C

La dureza de una junta es función de la presión.			
bar*	1 a 20	20 a 50	150 a 250
Dureza Shore	50 a 60	60 a 70	70 a 80

*1 bar ≈ 1 $kp\ cm^2$



d	a*								
1,9	2.6	3,4	4,2	4,9	5,7	6,4	7,2	8	8,9
2,7	8,9	10.5	12,1	13,6	15,1	16,9	18,4		
3,6	18.3	19,8	21,3	23	24,6	26,2	27,8	29,3	30,8
	32.5	34,1	35,6	37,3					
5,3	37,5	40,6	43.8	47	50,2	53,3	56,5	59,7	62,9
	66	69,2	72,4	75,6	78.7	81,9	85,1	88,3	91,4
	94.6	97,8	100,8	104,1	107,3	110,5	113,7		
7	113,7	116,8	120	123,2	126,4	129,5	132,7	135,9	139,1
	142.2	145,4	148,6	151,8	158,1	164,5	170.8	177,2	183,5
	189,9	196,2	202,6	215,3	228	240,7	253.4	266,1	278,8

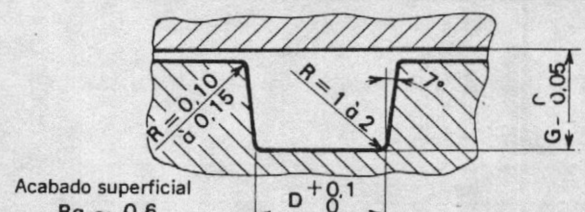
Junta tórica 15,1 × 2,7

DESIGNACIÓN DIMENSIONAL:

Una junta torica se designa corrientemente por el diámetro interior (a = 15,1) seguido del diámetro de la sección circular (d = 2,7) y separados por el signo de multiplicación (norma OTAN).

44■252 Dimensiones de las gargantas

d	1,9	2,7	3,6	5,3	7
D	2,5	3,4	4,4	6,5	8,8
G	1,55	2,3	3,2	4,75	6,1



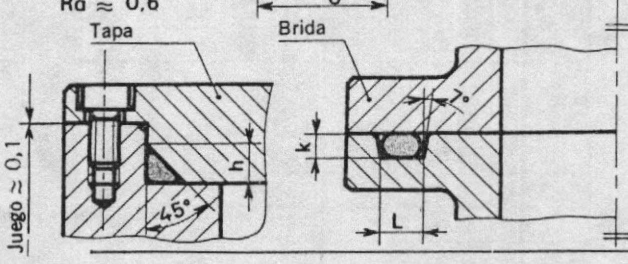
CASOS PARTICULARES:

Para algunas aplicaciones estáticas (en tapas o bridas) se pueden efectuar gargantas de formas especiales (véanse las figuras adjuntas).

$h = d \times 1{,}32$ a $1{,}35$

$L = d \times 1{,}16$ a $1{,}2$

$k = d \times 0{,}65 \times 0{,}7$



*Según Le Joint français.

44■26 Juntas de cuatro lóbulos

Estas juntas permiten las mismas aplicaciones que las juntas tóricas (§ 40.25) pero presentan las siguientes ventajas:

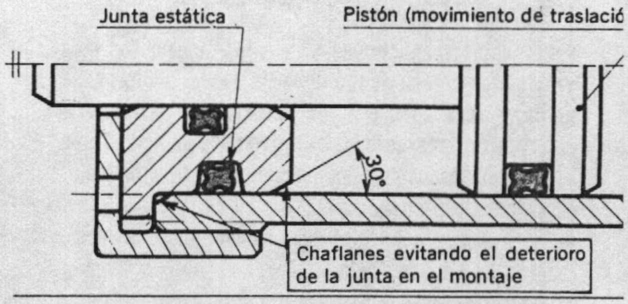
- rozamiento reducido de un 50 % aproximadamente,
- movimientos giratorios admisibles hasta una velocidad periférica de 1 ms^{-1}.

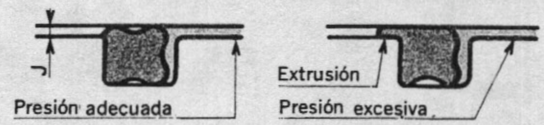
Como en las juntas tóricas, la presión máxima admisible está limitada por:

- el juego J (figura adjunta),
- la dureza Shore de la junta.

Se suele admitir un juego máximo (J máx) correspondiente al de un ajuste:

- H8/f7 si la presión es inferior a 100 bars,
- H7/g6 si la presión es superior a 100 bars.



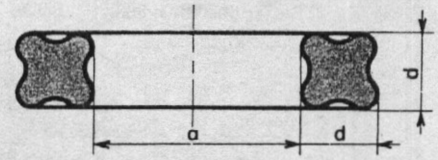


44■261 Elección de una junta

La tabla de dimensiones adjunta permite, dada la elasticidad de las juntas, cubrir todos los diámetros entre los límites indicados.

La **junta de cuatro lóbulos** está particularmente indicada para empleos dinámicos (rozamiento bastante débil).

La **junta tórica** es en general suficiente para las aplicaciones estáticas.



d	a*								
1,78	2,90	3,68	4,47	4,62	5,28	5,70	6,07	6,65	7,65
	8,70	9,25	9,70						
2,62	9,19	9,80	10,77	11,70	12,37	12,80	13,70	13,94	14,70
	15,54	17,12	17,75	18,72	19,60				
3,53	18,64	20,22	21,82	23,39	23,99	24,99	25,90	26,57	27,57
	28,17	29,74	31,34	32,04	32,92	33,80	34,52	36,09	37,69
5,33	37,47	39,64	40,64	41,80	43,82	45,04	45,84	46,99	47,80
	50,17	52	53,34	54,50	56,52	57,52	59,69	61,54	62,87
	64.59	66,04	67,64	69,22	70,64	72,39	73,84	75,57	78,74
	80,09	81,92	83,39	85,09	86,64	88,27	89,59	91,44	94,62
	98	101	102,3	104,1	105,8	107,3	110,5	113,7	
7	113,7	115,9	116,9	120	123,2	126,4	129,6	132,7	135,9
	139	142,3	145,4	148. 6	151,8	155	158,2	161	164,5
	167	170,8	173,5	177,2	180,5	183,5	186	189,9	192

Junta de cuatro lóbulos 12,8 × 2,62.

MATERIALES:

Los materiales usuales son: el perbunan, el neopreno, la silicona y el viton. Para la determinación del material consultar el cuadro de la página 209 en función de las condiciones de utilización.

DESIGNACIÓN DIMENSIONAL:

Una junta de cuatro lóbulos se designa corrientemente por su diámetro interior (a = 12,8) seguido del lado de la sección (d = 2,62) separando las dos cantidades por el signo de multiplicación.

44■262 Dimensiones de las gargantas

MONTAJE DINÁMICO

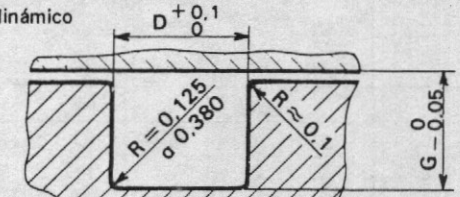
d	1,78	2,62	3,53	5,33	7
D	2	2,9	3,9	6,1	7,9
G	1,57	2,4	3,27	5	6,5

MONTAJE ESTÁTICO

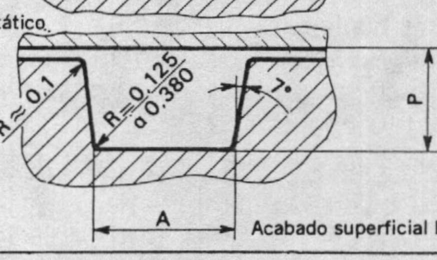
d	1,78	2,62	3,53	5,33	7
A	2,19	2,44	3,40	5,27	6,80
P	1,42	2,15	2,86	4,33	5,70

*Según Le Joint français.

Montaje dinámico



Montaje estático



Acabado superficial Ra = 0,4

44■3 Principales empalmes para tuberías

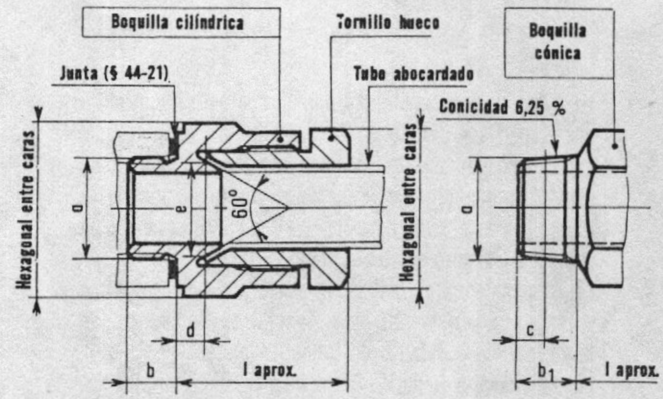
44■31 Empalme de dos piezas de asiento cónico

La estanqueidad se obtiene por apriete del tubo previamente abocardado entre dos asientos cónicos, uno en la boquilla y el otro en el tornillo hueco.

Estanqueidad entre pieza y pieza de empalme

Se obtiene: sea por medio de una junta circular (boquilla cilíndrica), sea por fileteado cónico (boquilla cónica).

Pruebas de rotura de la tubería: 350 bars mín.



Tubo	a	b	b_1	c max	c min	d	e	h	k	l	Tubo	a	b	b_1	c max	c min	d	e	h	k	l
6-1	M 10 × 1	7,5	9	5,5	4	5,2	7,6	13	17	25	16-1	M 20 × 1,5	11,5	13	8	6	6,2	17,8	27	30	34
8-1	M 12 × 1	8	10	5,5	4	5,6	8,6	17	19	29	18-1	M 22 × 1,5	12,5	13	8	6	6,5	20,6	30	32	38
10-1	M 14 × 1,5	11	11	7	5	5,7	10,5	17	22	27	20-1	M 24 × 1,5	13	13	8	6	6,9	23,3	32	36	39
12-1	M 16 × 1,5	11	11	7	5	5,8	14,2	22	24	31	22-1	M 27 × 1,5	13	14,5	9	6	7,3	26	36	41	44
14-1	M 18 × 1,5	11	11	7	5	6	16	24	27	34	25-1	M 30 × 1,5	13	14,5	9	6	7,5	28,8	41	46	44

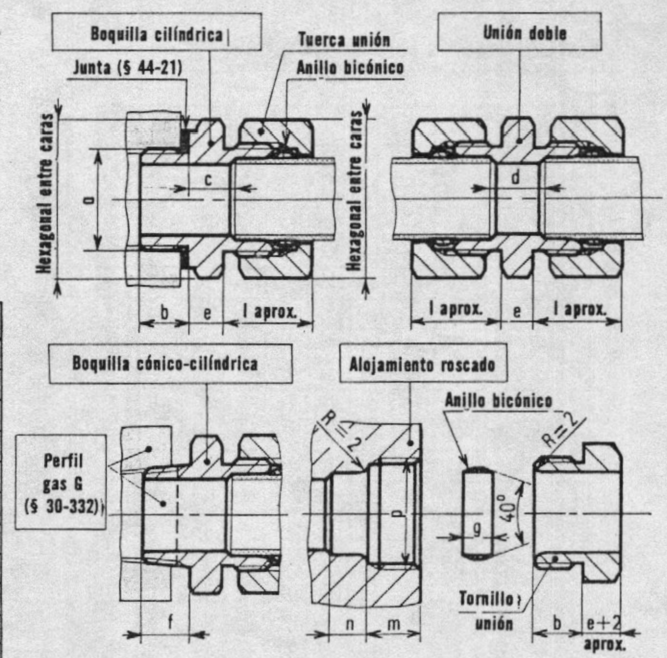
44■32 Empalme con anillo bicónico

El tubo se deja cilíndrico. La estanqueidad y el sostenimiento del tubo se obtiene por la deformación del anillo bicónico por la acción de una tuerca o de un tornillo.

Estanqueidad entre la pieza y la pieza de empalme.

Véase el párrafo precedente.

Pruebas de rotura de la tubería: 350 bars mín.



Tubo	p	m	n	f	g
4-1	M 8 × 1	8	4	9	1/8
6-1	M 10 × 1	8,5	4	9	1/8
8-1	M 12 × 1	9,5	5	10	1/4
10-1	M 16 × 1,5	12	7	11	1/4
12-1	M 18 × 1,5	12	7	11	3/8
14-1	M 20 × 1,5	12	8	11	3/8
16-1	M 22 × 1,5	13	8	13	1/2
18-1	M 24 × 1,5	14	9	13	3/4
20-1	M 27 × 1,5	14	10	13	3/4
22-1	M 30 × 1,5	14	10	14,5	3/4
25-1	M 33 × 1,5	16	12	14,5	1

Tubo	a	b	c	d	e	g	h	k	l	Tubo	a	b	c	d	e	g	h	k	l
4-1	M 8 × 1	7	7	10	4	5,5	10	13	14	16-1	M 20 × 1,5	11,5	9,5	13	6	8,5	27	27	21
6-1	M 10 × 1	7,5	7,5	11	4	6	13	17	15	18-1	M 22 × 1,5	12,5	10,5	14	7	8,5	30	30	22
8-1	M 12 × 1	8	7	10	4	7	14	17	16	20-1	M 24 × 1,5	13	11	14	8	8,5	32	32	22
10-1	M 14 × 1,5	11	9	13	5	7,5	19	19	19	22-1	M 27 × 1,5	13	11	14	8	8,5	36	36	24
12-1	M 16 × 1,5	11	9	13	5	7,5	22	22	19	25-1	M 30 × 1,5	15	11	14	8	10	41	41	26
14-1	M 18 × 1,5	11	8	11	5	8	24	24	19										

44■33 Empalmes de junta cónica

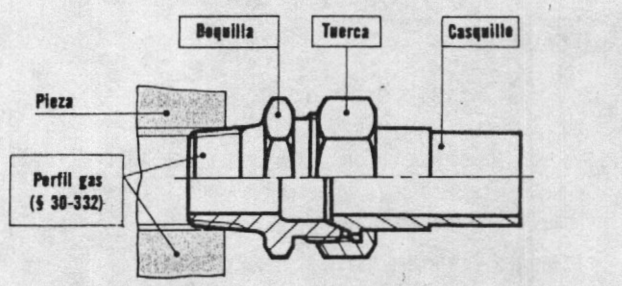
NF E 29-532, 536, 537, 538

La estanqueidad se obtiene por un contacto lineal entre una superficie cónica en la boquilla y una superficie esférica en el manguito. Esta pequeña zona de contacto se somete a una presión importante por la acción de la tuerca. De esta manera se obtiene una buena estanquidad debido a las deformaciones locales.
Las dimensiones normalizadas están previstas para una presión nominal de 10 bars (empalmes de bronce, de latón, de acero dulce o de fundición maleable).
La combinación de los distintos elementos permite numerosos tipos de montajes.
El **manguito roscado** va provisto de un dispositivo para enroscarlo (en general dos planos o dos tetones en el cilindro de diámetro f).

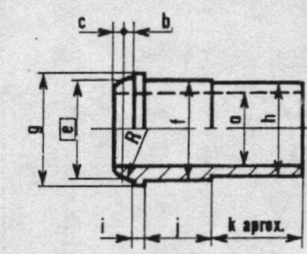
Designación dimensional:
Un elemento se designa por su nombre seguido de su número.
Ejemplo: **Boquilla para soldar n.º 12.**

Nº	8	10	12	15	20	25	32	40	50	65	80
a	8	10	12	15	20	25	32	40	50	65	80
b	2,8	3,5	3,6	4,1	4,2	4,4	4,5	5,4	6,1	6,4	7,3
c	1,3	1,3	1,2	1,5	1,3	1,6	1,7	2,1	2,5	3,1	2,7
d	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5	1,8	1,7	2,2	2,5	3	3,1
e	11,4	13,8	16	19,4	25,3	32,9	39,5	46,4	58	76,5	88,6
f	13,3	14,7	16,9	21,2	26,7	33,6	42,2	48,1	59,9	75,5	88,2
g	14,7	18,4	20,3	24	30	38,6	44,5	54	66	83	96,5
h	12	14	16	19	25	31	38	45	55	—	88
i	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5
j	11,5	13	14	15,5	18	20,5	23	26	28,5	—	36
k	20	18,5	19	20,5	23,5	27	31,5	36,5	43	—	58,5
l	11,5	—	14	16	18,5	20,5	23,5	26,5	28,5	34	36,5
m	10	—	10	13	14	17	19	20	22	25	28
n	10	12,5	14,5	17,5	23,5	31	37,5	44	54,5	73	86
o	8	9	10	11	12	14	16	18	20	24	26
p	4	5	6	6	7	8	9	11	12	14,5	16
q	22	23	24	27	30	34	39	45	52	—	75
r	12	—	12	16	17	20	23	24	26	31	34
s	9	10	11	12	14	16	18	20	22	26	28
t	2,5	3	3	3,5	4	4,5	5	6	6,5	7,5	8
G_1	1/4	—	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
G_2	3/8	1/2	5/8 ◥	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/4 ◥	3	3 1/2
R	6,6	8	9,2	11,2	14,6	19	22,8	26,8	33,5	44,2	51,7

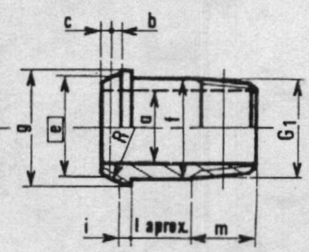
◥ 5/8 antigua denominación 16-23
2 1/4 antigua denominación 60-70
Evitar su empleo



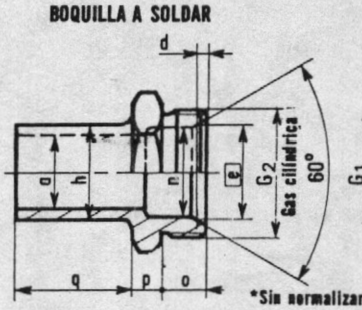
CASQUILLO A SOLDAR



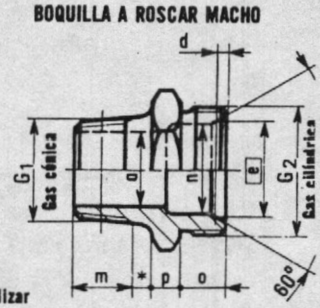
CASQUILLO A ROSCAR



BOQUILLA A SOLDAR

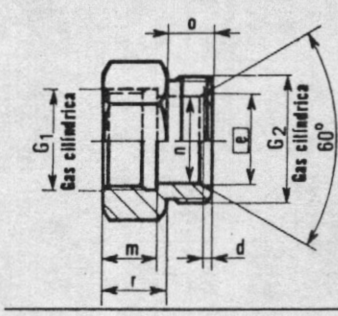


BOQUILLA A ROSCAR MACHO

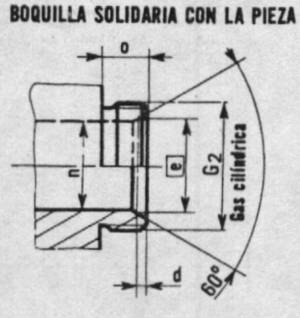


*Sin normalizar

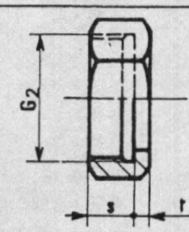
BOQUILLA A ROSCAR HEMBRA



BOQUILLA SOLIDARIA CON LA PIEZA



TUERCA



NOTA: la distancia entre caras de los hexagonales son variables y dependen de los fabricantes.

46 Resortes

Un resorte es un órgano mecánico que puede retornar a su estado inicial después de haber sufrido una deformación relativamente importante.

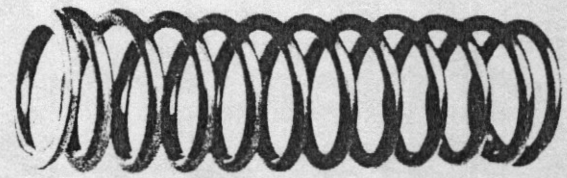
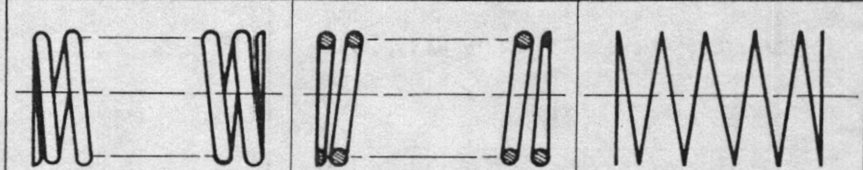
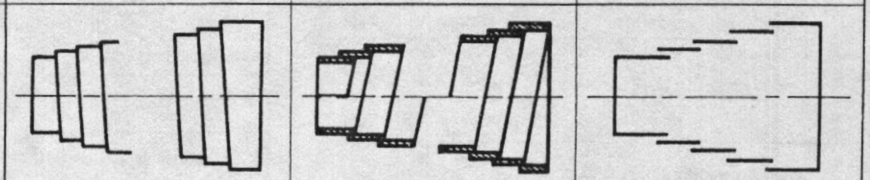
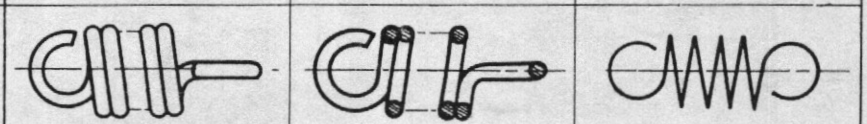
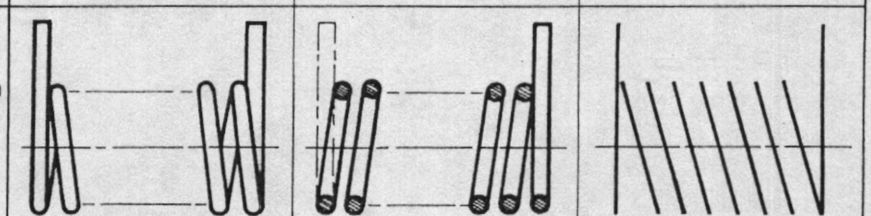
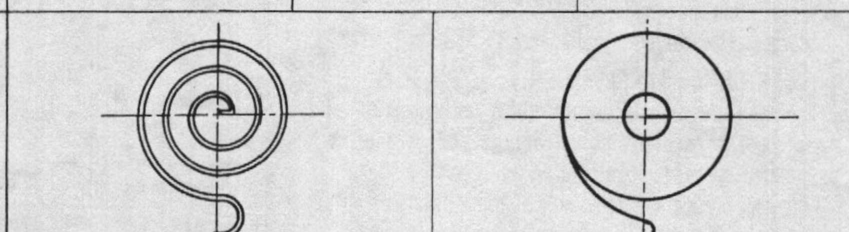
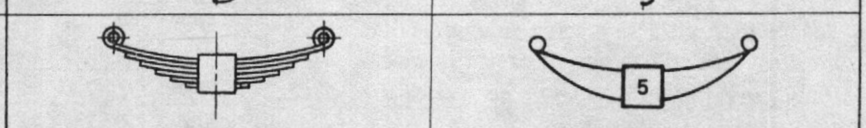


Foto Hachette

46■1 Signos convencionales para los principales resortes NF E 04-115

DESIGNACIÓN DEL RESORTE	REPRESENTACIÓN COMPLETA		REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA
	REAL	CORTE	
Cilíndrico de compresión en perfil de sección circular			
Cónico			
Cilíndrico de tracción en perfil de sección circular			
Cilíndrico de torsión a derecha en perfil de sección circular, arrollamiento a derecha.			
En espiral			
De láminas con ojos y bridas.			

46■2 Aplicaciones

Determinadas las dimensiones de un resorte por cálculo* hay que indicar las mismas en el dibujo.

46■21 Resorte cilíndrico de compresión

Un resorte cilíndrico de compresión debe estar guiado en sus extremos y preferentemente por su diámetro interior.

Según el tipo de guía, se indicará: el diámetro interior D_i o el diámetro D_e.
Debido a la frecuencia de empleo de este tipo de resorte, algunas empresas tienen dibujos impresos de antemano. **El dibujante sólo tiene que completar un cuadro de datos** con lo que se gana tiempo y uniformidad de presentación de manera apreciable.

PROPORCIONES DE CONSTRUCCIÓN	
Resorte arrollado en frío	**Resorte arrollado en caliente**
Factible si: $d \leqslant 5$ mm $D_i > 3d$	Utilizado para: $5 \text{ mm} < d < 14 \text{ mm}$ et $D_i \leqslant 3d$
El pandeo se evitará si $L \leq 5(D_i + d)$ o si la guía está asegurada a lo largo de toda la longitud del resorte.	

Longitud sin carga $L = (n \times P) + 1{,}5\,d$.
(resorte de apoyos más próximos y afilados en la muela.)
Longitud desarrollada $\approx n \times \pi\,(D_i + d)$.

Paso $P = \dfrac{L - 1{,}5\,d}{n}$.

■ **MATERIALES CORRIENTES**

- Acero duro XC 65 f, XC 80 f (llamado «cuerda de piano»).
- Acero al silicio 45 S 8.
- Acero sílico manganoso 38 MS 5.
- Acero al silicio-cromo-molibdeno 45 SCD 6.

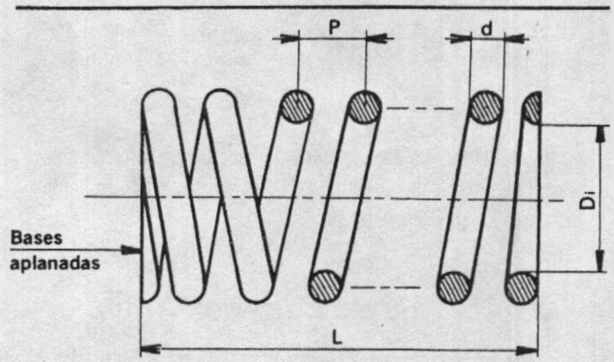
■ **SENTIDO DE ARROLLAMIENTO**

El sentido de arrollamiento debe indicarse en el caso de dos resortes concéntricos. Así se evita la posibilidad de encaballamiento de los resortes. Además, tal montaje presenta la ventaja de suprimir prácticamente la tendencia a la rotación de las piezas de apoyo. **Cuando un resorte se emplea solo, el sentido de arrollamiento no tiene significación funcional.**

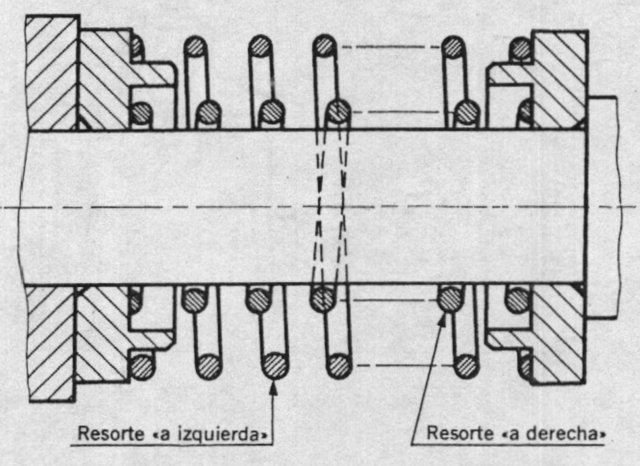
■ **DIÁMETROS NORMALIZADOS DE ALAMBRE**

Consultar la tabla contigua.

*Ver un curso de resistencia de materiales.



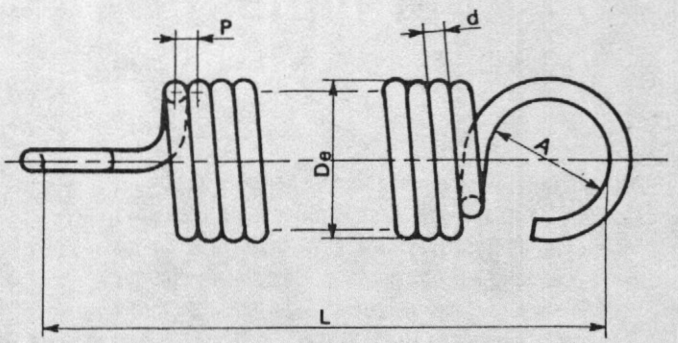
Diámetro del alambre $d =$ ______			
Diámetro interior $D_i =$ ______			
Altura L_1 ______		con carga P_1 ______	
Altura L_2 ______		con carga P_2 ______	
Paso $P =$ ______		Las dimensiones no funcionales dadas a título indicativo.	
Número de espiras $n =$ ______			
Longitud sin carga $L =$ ______			
Longitud desarrollada $=$ ______			
Material: ______			
El sentido de arrollamiento sólo se indica si tiene sentido funcional.			



Alambres para resortes en acero duro trefilado NF A 47-301									
0,50	0,80	1,40	1,90	2,50	3,40	4,50	6	8	10,50
0,56	0,90	1,50	2	2,70	3,60	4,70	6,30	8,50	11
0,60	1	1,60	2,10	2,80	3,80	5	6,70	9	12
0,63	1,10	1,70	2,20	3	4	5,30	7	9,50	13
0,70	1,20	1,80	2,40	3,20	4,20	5,60	7,50	10	14

46.22 Resortes cilíndricos de tracción

Estos resortes se hacen habitualmente de alambre y espiras contiguas unas a otras. El metal se halla sometido a torsión en la parte activa y a flexión sobre una parte del ojal. La forma del ojal depende de las exigencias del enganche (la forma más económica es la de una espira doblada).



NOTA: generalmente A = De − 2 d.

PROPOCIONES DE CONSTRUCCIÓN
De ≥ 7 a 8 d. **El arrollado en frío es posible si:** **d ≤ 5 mm y De ≥ 5 d.**

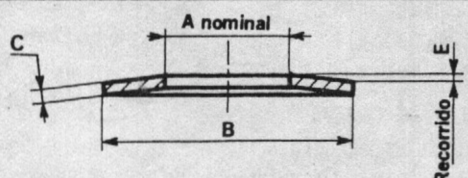
Diámetro del alambre d = ______			
Diámetro interior D_e = ______			
Altura L_1 ______		**con carga P_1** ______	
Altura L_2 ______		**con carga P_2** ______	
Paso P = ______		**Las dimensiones no funcionales dadas a título indicativo.**	
Número de espiras n = ______			
Longitud sin carga L = ______			
Longitud desarrollada = ______			
Material: ______			
El sentido de arrollamiento sólo se indica si tiene sentido funcional.			

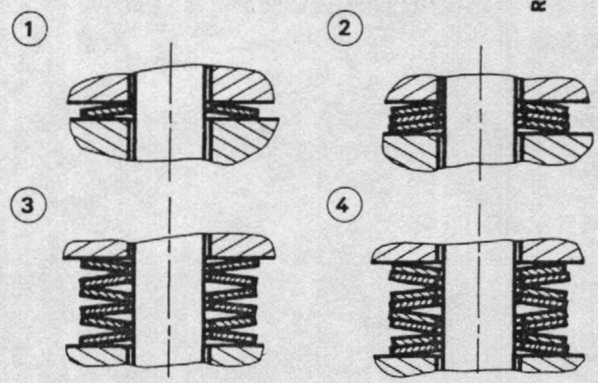
Material y diámetro del alambre: ver § 46.21.

46.23 Arandelas «Belleville»

Las arandelas «Belleville» son muelles de disco que transmiten la fuerza axialmente. Permiten preparar muelles reducidos y capaces de soportar fuertes cargas. Según la finalidad perseguida se utilizan:

- solas como muestra la figura 1,
- superpuestas en el mismo sentido según la figura 2 (en este montaje se suman las flechas de cargas unitarias),
- superpuestas alternativamente opuestas según la figura 3 (en este montaje se suman las flechas elementales),
- en un montaje mixto según la figura 4 (se consigue a la vez la suma de cargas y la adición de flechas elementales).





La flecha de trabajo de una arandela Belleville debe ser como máximo igual a los tres cuartos de la flecha total.

La fuerza axil de una arandela Belleville es sensiblemente proporcional al desplazamiento.

La tabla que sigue es un extracto del catálogo «Mecanindus».

F = Carga en decanewtons correspondiente a 0,75 E.

A	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50	60
B	8	10	12,5	16	20	25	31,5	35	40	45	50	50	63	83	100	125
C	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,2	1,8	2	2,5	2	2,5	3	4	5	6
E	0,25	0,30	0,35	0,45	0,60	0,80	1,20	1,20	1,10	1,40	1,50	1,40	1,80	2,20	2,80	3,40
F	10	20	28	55	75	95	160	400	530	950	480	900	1200	2300	3700	5300

47 Engranajes

NF E 23-001 - NF E 23-005

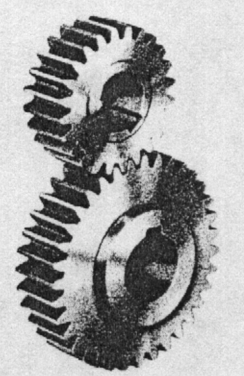
Un engranaje es un mecanismo simple formado por ruedas dentadas que giran alrededor de ejes cuya posición es relativamente invariable. Una de las ruedas arrastra a la otra por la acción de los dientes que entran sucesivamente en contacto. La rueda de menor número de dientes se llama **PIÑON.**

Según la posición relativa de los ejes, se distinguen:

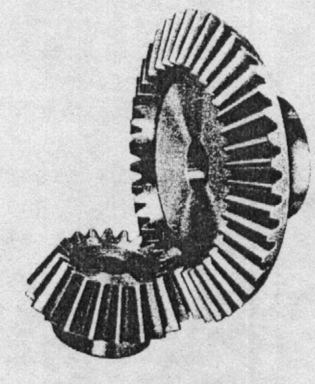
- los engranajes cilíndricos (ejes paralelos),
- los engranajes cónicos (ejes concurrentes),
- los engranajes helicoidales (ejes no coplanarios).

Una combinación de engranajes se llama **TREN DE ENGRANAJES.**

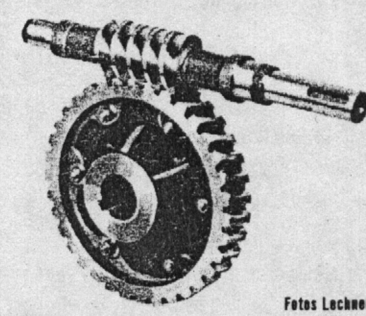
ENGRANAJES CILÍNDRICOS



ENGRANAJES CÓNICOS



ENGRANAJES HELICOIDALES



Fotos Lechner-Patissier

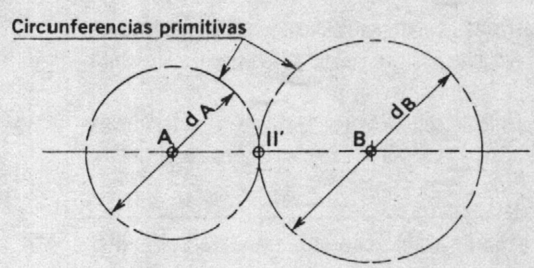
47■1 Engranajes cilíndricos

47■11 Definiciones

CILINDRO PRIMITIVO

Cilindro descrito por el eje instántaneo de rotación II' del movimiento relativo de la rueda conjugada en relación a la rueda considerada.

La sección recta de un cilindro primitivo es la **circunferencia primitiva del diámetro d.**



CILINDRO DE CABEZA

Cilindro pasado por el extremo superior de los dientes. Su sección recta es la **circunferencia de cabeza de diámetro d_a.**

CILINDRO DE PIE

Cilindro que pasa por el fondo de cada entre diente. Su sección recta es la **circunferencia de pie de diámetro d_f.**

ANCHURA DEL DIENTE(b)

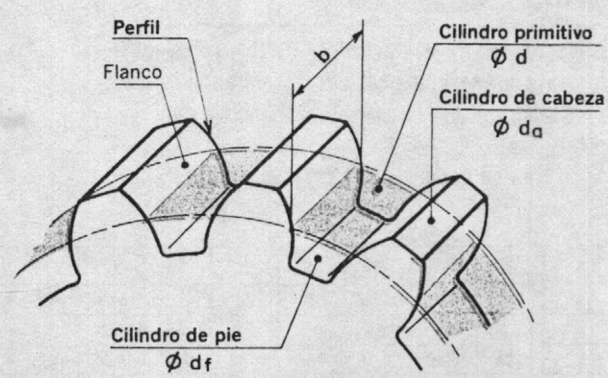
Anchura de la parte dentada de una rueda medida sobre una generatriz del cilindro primitivo.

FLANCO

Parte de la superficie de un diente comprendida entre el cilindro de cabeza y el cilindro de pie.

PERFIL

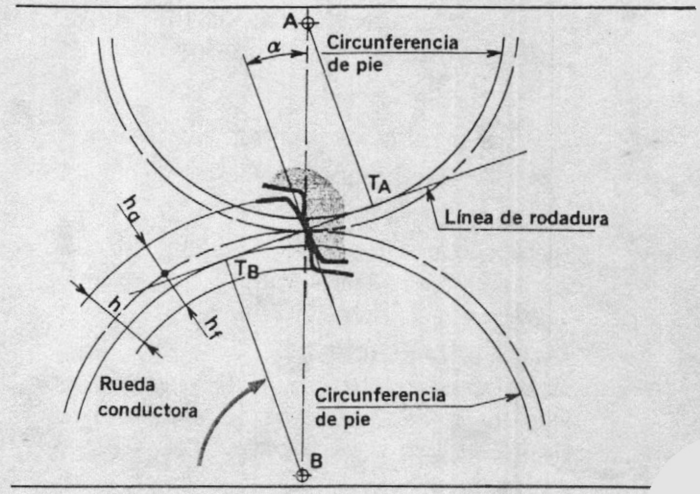
Sección de un flanco por un plano normal al eje (en mecánica general prácticamente sólo se utiliza el perfil de evolvente de círculo, ver § 62.5).



ÁNGULO DE PRESIÓN (α)
Ángulo agudo formado por el radio de la circunferencia primitiva que pasa por el punto donde el perfil corta a la circunferencia primitiva, y la tangente al perfil en dicho punto.

LÍNEA DE RODADURA
Normal común a dos perfiles conjugados en su punto de contacto. En un engranaje de evolvente, la línea de rodadura es una recta fija, tangente interiormente a las dos circunferencias de pie (ver § 62.5).

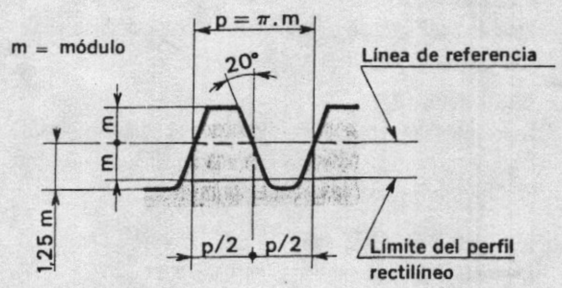
ALTURA DEL DIENTE (h)
Distancia radial entre la circunferencia de cabeza y la de pie. Es la suma de la altura de la cabeza (h_a) y la del pie (h_f).



47.12 Perfil de referencia NF E 23-011

El perfil de referencia define las características comunes a todos los engranajes cilíndricos de evolvente de círculo (§ 62.5). Cada engranaje del sistema (aun con dentado interior) puede considerarse como engendrada geométricamente por la cremallera tipo cuyo perfil rectilíneo se indica.

Una rueda se llama de «**dentado normal**» si puede ser engendrada por una cremallera donde la línea de referencia es tangente al cilindro primitivo. Si esta tangencia no tiene lugar, el engranaje se dice que es «**de dentado desplazado**».



MÓDULO (m)

El módulo es el cociente del paso, en mm, por π.

MÓDULOS NORMALIZADOS			
Valores recomendados		**Valores a evitar**	
0,50	4	0,550	4,5
0,60	5	0,700	5,5
0,80	6	0,900	7
1	8	1,125	9
1,25	10	1,375	11
1,50	12	1,750	14
2	16	2,250	18
2,50	20	2,750	22
3	25	3,500	—

47.13 Características de un engranaje de dientes rectos, normal ($\alpha = 20°$)

Todos los engranajes de diente recto y del mismo módulo engranan entre sí sea cual sea su diámetro y su número de dientes.

Módulo	m	**Determinado por cálculo basado en resistencia de materiales.**
Número de dientes	z	**Determinado a partir de la relación de velocidades** $\frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$
Paso	p	$p = m \cdot \pi$
Altura de cabeza	h_a	$h_a = m$
Altura de pie	h_f	$h_f = 1{,}25\ m$
Altura del diente	h	$h = h_a + h_f = 2{,}25\ m$
Diámetro primitivo	d	$d = m \cdot z$
Diámetro de cabeza	d_a	$d_a = d + 2\ m$
Diámetro de pie	d_f	$d_f = d - 2{,}5\ m$
Anchura del diente	b	**$b = k \cdot m$ (k valor a elegir, con frecuencia se toma k = 8 ó 10).**
Distancia entre ejes A, B	a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = \frac{m \cdot z_A}{2} + \frac{m \cdot z_B}{2}$

47■14 Características de un engranaje de dientes helicoidales normal ($\beta = 20°$)

El estudio se refiere a engranajes de ejes paralelos.

47■141 Definiciones

HÉLICE PRIMITIVA

Intersección de un flanco con el cilindro primitivo de un engranaje helicoidal. La hélice, de paso P_z, puede ser «a derecha», o «a izquierda» (§ 62.4).

ÁNGULO DE LA HÉLICE (β)

Ángulo formado por la tangente a la hélice primitiva y una generatriz del cilindro primitivo. El complemento del ángulo β se llama ángulo de inclinación γ.

PASO APARENTE (P_t)

Longitud del arco de círculo primitivo comprendido entre dos perfiles homólogos consecutivos.

PASO REAL (P_n)

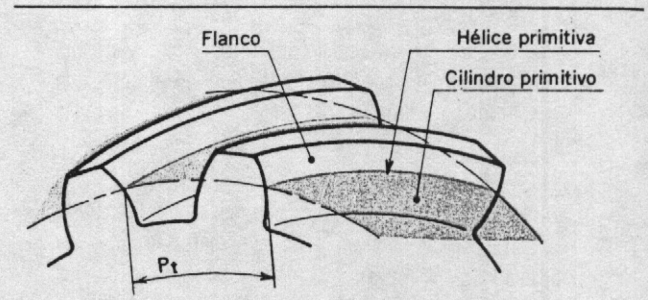
La longitud del arco comprendido entre dos flancos homólogos consecutivos, medido sobre una hélice del cilindro primitivo ortogonal a las hélices primitivas.

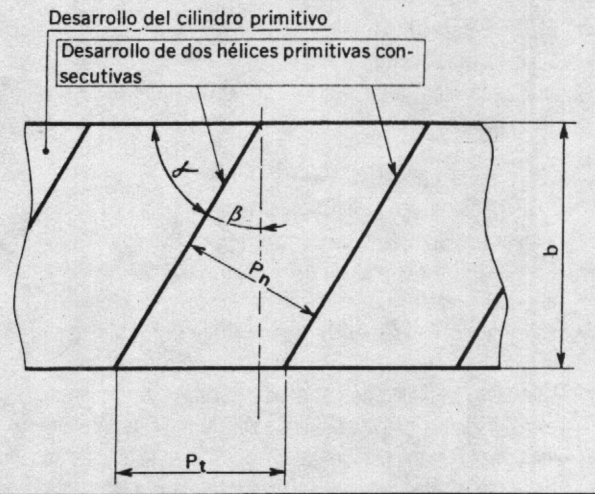
MÓDULO APARENTE (m_t)

Cociente del paso aparente (en mm) por π.

MÓDULO REAL (m_n)

Cociente del paso aparente (en mm) por π.





47■142 Determinación de las características

Todos los engranajes de dientes helicoidales del mismo módulo (real o aparente) y del mismo ángulo de hélice, engranan entre sí, sea cual sea su diámetro y su número de dientes, pero **las hélices han de ser de sentido contrario** (una a la derecha y la otra a la izquierda).

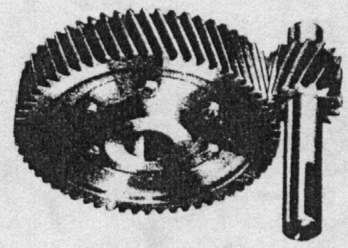
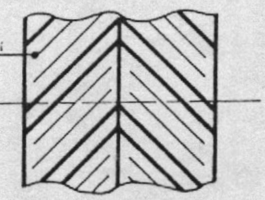


Foto Lechner-Patissier

Módulo real	m_n	Determinado por resistencia de materiales y tomado entre los módulos normalizados (§ 47.12).
Número de dientes	z	Determinado a partir de la relación de velocidades: $\frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_B}{Z_A}$
Ángulo de la hélice	β	Tomado habitualmente entre 20° y 30°.
Sentido de la hélice («a la derecha» o «a la izquierda»)		Para un acoplamiento las hélices de los engranajes son de sentido contrario.
Módulo aparente	m_t	$m_t = m_n / \cos\beta$.
Paso aparente	P_t	$P_t = m_t \cdot \pi$
Paso real	P_n	$P_n = m_n \cdot \pi$ $P_n = P_t \cdot \cos\beta$.
Paso de la hélice primitiva	P_z	$P_z = \pi_d / \mathrm{tg}\,\beta$.
Altura de cabeza	h_a	$h_a = m_n$
Altura de pie	h_f	$h_f = 1{,}25\,m$
Altura del diente	h	$h = h_a + h_f = 2{,}25\,m_n$

Diámetro primitivo	d	$d = m_t \cdot z$
Diámetro de cabeza	d_a	$d_a = d + 2\,m_n$
Diámetro de pie	d_f	$d_f = d - 2{,}5\,m_n$
Distancia entre ejes	a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = \frac{m_t \cdot z_A}{2} + \frac{m_t \cdot z_B}{2}$
Anchura del diente Hay continuidad en la transmisión del movimiento cuando al cesar el contacto ya se ha iniciado el contacto entre otros dos, o sea, cuando: $b \geqslant \frac{\pi \cdot m_n}{\text{sen}\,\beta}$	b	

Los dientes helicoidales aseguran una transmisión con un bajo rozamiento entre flancos (menos vibraciones, buen rendimiento) pero dan lugar a un empuje axil. Se puede evitar este empuje utilizando engranajes con dientes inclinados en sentidos opuestos.



47■2 Engranjes cónicos

Las ruedas dentadas que efectúan la transmisión son cónicas. Para asegurar una transmisión sin deslizamiento **los vértices de las ruedas de un engranaje cónico deben coincidir con el punto de intersección S de los ejes de ambas.**

El estudio se limita a los engranajes cónicos de dientes rectos.

47■21 Definiciones

CONO PRIMITIVO

Cono descrito por el eje instantáneo SM del movimiento relativo de la rueda conjugada con relación a la rueda considerada.

CONO COMPLEMENTARIO

Cono S'MM' cuyas generatrices son perpendiculares a las del cono primitivo, por el extremo exterior del ancho del diente.

CONO DE CABEZA

Cono pasando por el extremo de los dientes.

CONO DE PIE

Cono pasando por el fondo de cada entrediente.

DIÁMETRO PRIMITIVO (d)

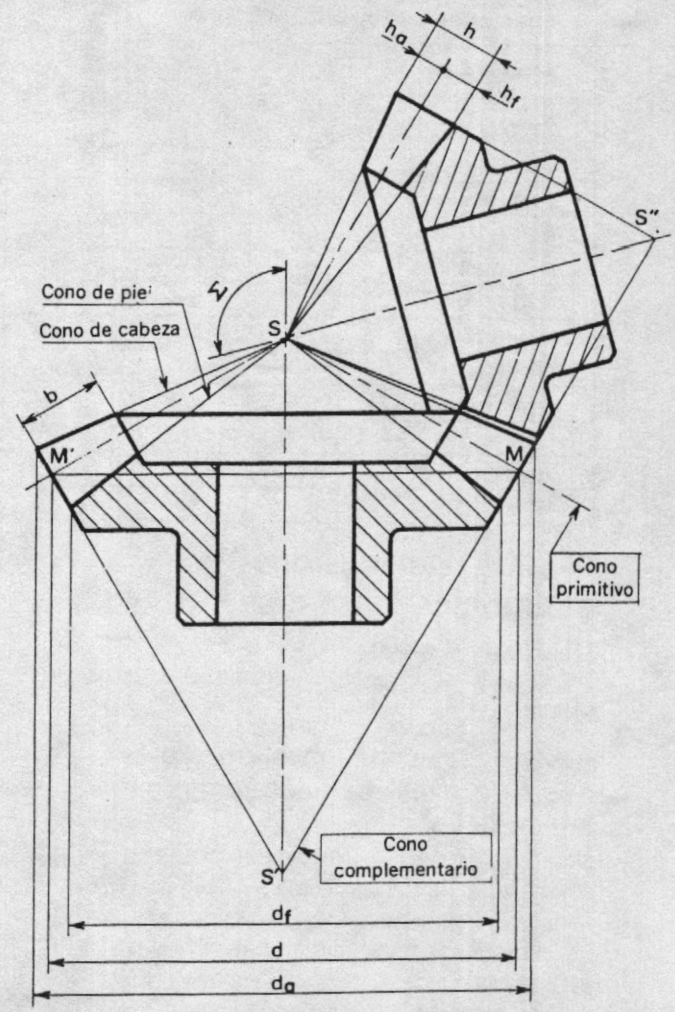
Diámetro del círculo de intersección del cono primitivo con el cono complementario.

DIÁMETRO DE CABEZA (d_a) Y DIÁMETRO DE PIE (d_f)

Diámetro del círculo de intersección del cono de cabeza (o de pie) con el cono complementario.

ANCHURA DEL DIENTE (b)

Anchura de la parte dentada del engranaje medida sobre una generatriz del cono primitivo.



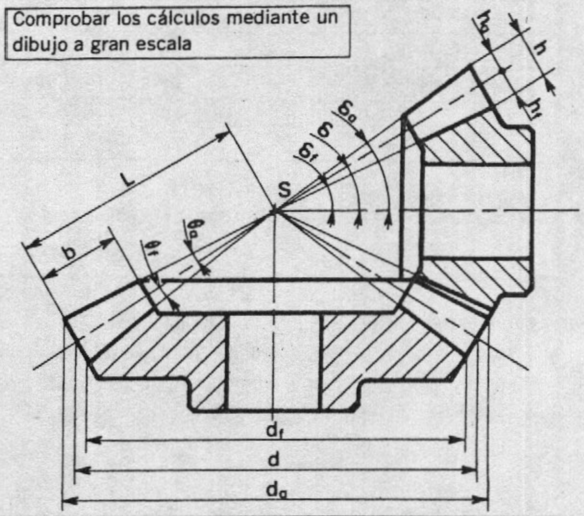
Ver página siguiente

PASO (p)
Longitud del arco de circunferencia primitiva comprendida entre dos perfiles homólogos consecutivos.

MÓDULO (m)
Resultado de dividir el paso (en mm) por π.

ALTURA DEL DIENTE (h)
Distancia entre la circunferencia de cabeza y la de pie, medida sobre una generatriz del cono complementario. Es la suma de la altura de la cabeza (h_a) y la del pie (h_f).

Comprobar los cálculos mediante un dibujo a gran escala



47■22 Características de un engranaje entre dos ejes perpendiculares

Dos ruedas dentadas cónicas no engranan correctamente más que si los conos primitivos tiene a la vez una generatriz común y los vértices confundidos.

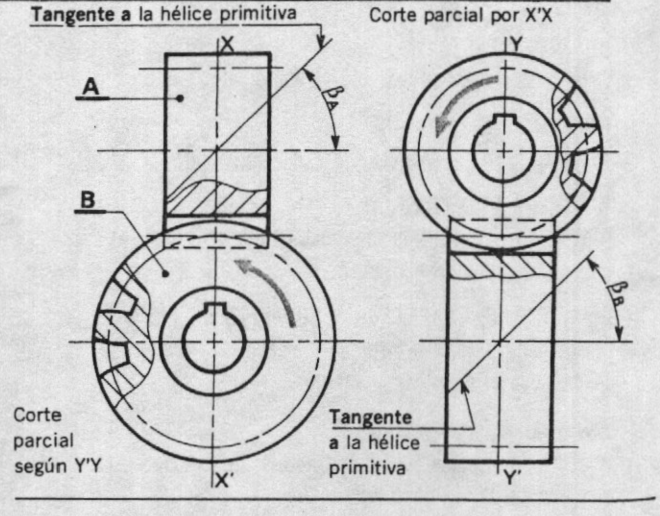
Módulo (sobre el cono complementario)	m	**Determinado por resistencia de materiales y tomado entre los módulos normalizados § 47.12.**	
Número de dientes	z_A et z_B	**Determinado a partir de la relación de velocidades:** $\frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$	
Anchura de los dientes	b	**Por razones del tallado** $\frac{1}{4} L < b < \frac{1}{3} L$	
Diámetros primitivos	d	$d_A = m . z_A$	$d_B = m . z_B$
Ángulos primitivos	δ	$tg\,\delta_A = z_A / z_B$	$tg\,\delta_B = z_B / z_A$
Altura de la cabeza	h_a	$h_a = m$	
Altura del pie	h_f	$h_f = 1{,}25\,m$	
Altura del diente	h	$h = h_a + h_f = 2{,}25\,m$	
Diámetro de cabeza	d_a	$d_{aA} = d_A + 2\,m \cos\delta_A$	$d_{aB} = d_B + 2\,m \cos\delta_B$
Diámetro de pie	d_f	$d_{fA} = d_A - 2{,}5\,m \cos\delta_A$	$d_{fB} = d_B - 2{,}5\,m \cos\delta_B$
Ángulo de altura de cabeza	θ_a	$tg\theta_a = m/L$	**con** $L = \frac{d_A}{2 \text{ sen } \delta_A}$
Ángulo de altura de pie	θ_f	$tg\theta_f = 1{,}25\,m/L$	
Ángulo de cabeza	δ_a	$\delta_{aA} = \delta_A + \theta_a$	$\delta_{aB} = \delta_B + \theta_a$
Ángulo de pie	δ_f	$\delta_{fA} = \delta_A - \theta_f$	$\delta_{fB} = \delta_B - \theta_f$

47■3 Transmisiones por engranajes entre ejes que se cruzan

Los ejes no son coplanarios y forman un ángulo Σ cualquiera.

47■31 Transmisiones entre ejes que se cruzan mediante engranajes helicoidales.

Estos engranajes están formados por dos ruedas con dentado helicoidal (características § 47.14), pero, contrariamente a los engranajes helicoidales de ejes paralelos, **el sentido de las hélices primitivas es el mismo para ambas ruedas.** En el caso de ejes ortogonales ($\Sigma = 90^0$) se toma con frecuencia: $\beta_A = \beta_B = 45^0$.



47▪32 Rueda helicoidal y tornillo sin fin

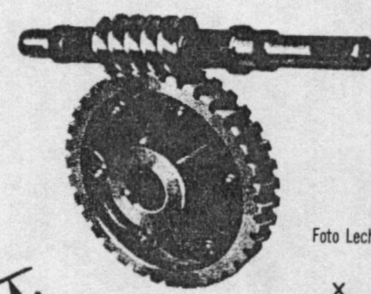
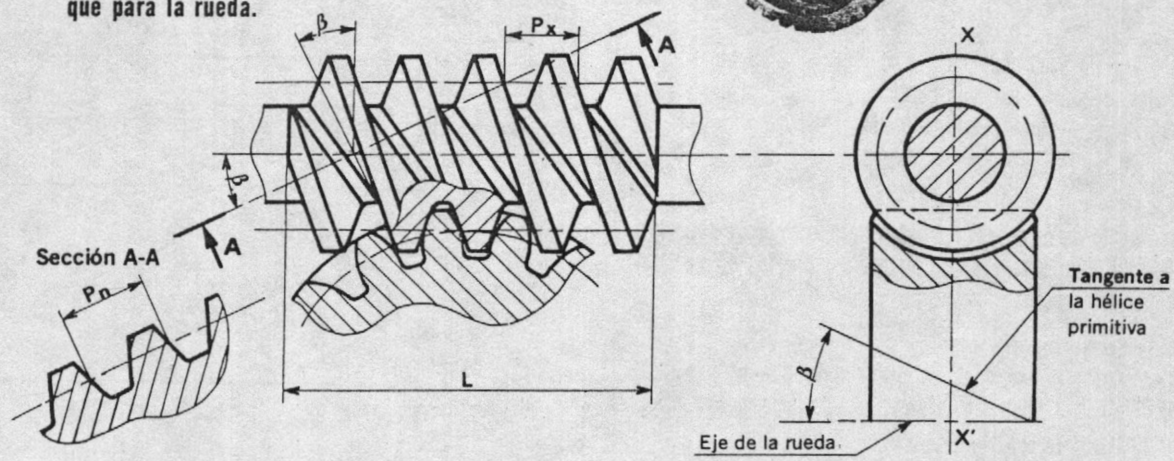


Foto Lechner-Patissier

La transmisión se efectúa mediante un tornillo de una o varias entradas que engrana con una rueda. Para aumentar el rendimiento se eligen materiales con bajo coeficiente de rodamiento.

El sentido de la hélice es el mismo para el tornillo que para la rueda.



47▪321 Características del tornillo A

El estudio se limita al caso en que los dos ejes forman un ángulo de 90º. El perfil del tornillo es trapezoidal.



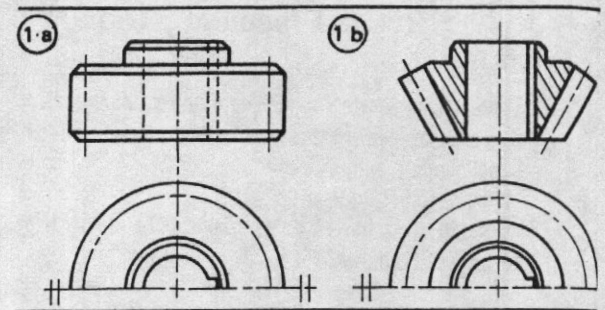
Número de entradas	z_A	**Depende de la relación de velocidades** $\frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$	
Ángulo de la hélice	β	**Depende de la reversibilidad de transmisión (si $\beta < 5^{\circ}$ el sistema es prácticamente irreversible).**	
Sentido de la hélice («a la derecha» o «a la izquierda»)		**El tornillo tiene la hélice en el mismo sentido que la rueda.**	
Módulo real	m_n	**Determinado sobre la rueda, elegido según § 47.12.**	$\operatorname{tg} \beta = \frac{p_z}{\pi d_A}$
Módulo axial	m_x	$m_x = m_n / \cos \beta$	
Paso real	p_n	$p_n = m_n . \pi$	$\operatorname{sen} \beta = \frac{p_n . z_A}{\pi d_A}$
Paso axial	p_x	$p_x = p_n / \cos \beta$	
Paso de la hélice	p_z	$p_z = p_x . z_A$	
Diámetro primitivo	d_A	$d_A = p_z / \pi \operatorname{tg} \beta$	
Diámetro exterior	d_a	$d_a = d_A + 2 m_n$	
Diámetro interior	d_f	$d_f = d_A - 2{,}5 m_n$	
Longitud del tornillo	L	$L \approx 5 p_x$	

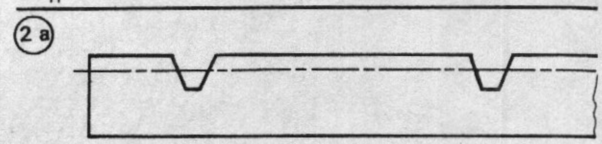
47▪322 Características de la rueda B

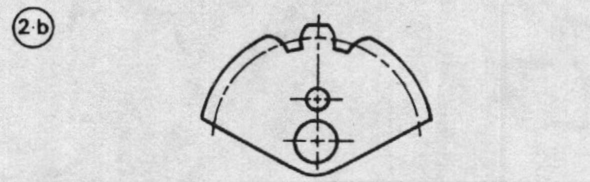
Mismas fórmulas que para una rueda de dentado helicoidal (§ 47.14), teniendo presente que:		**El ángulo de la hélice β es común, y en el mismo sentido para el tornillo que para la rueda. Módulo aparente de la rueda igual al módulo axial del tornillo**
Distancia entre ejes	a	$a = \frac{d_A + d_B}{2}$

47■4 Signos convencionales para engranajes NF E 04-113

47■41 Representación de una rueda



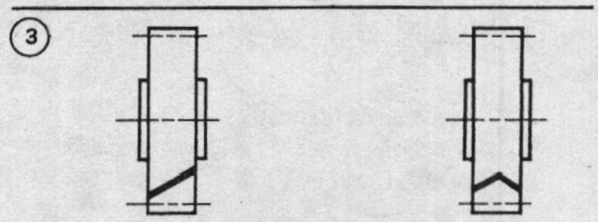




En vista no cortada
Dibujar la rueda como una pieza maciza no dentada, y, como único añadido, el trazado de la superficie primitiva en línea fina de punto y trazos (fig. 1 a).

En corte axil
Representar la rueda, como si se tratara, siempre, de una rueda de dientes rectos que tuviera dos dientes diametralmente opuestos y sin cortar (fig. 1 b).

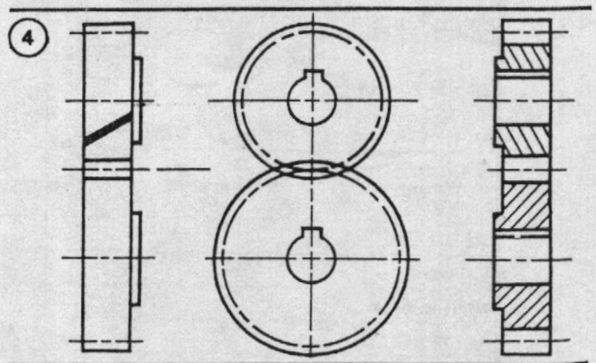
Posición de los dientes
Si es necesario funcionalmente precisarlo, dibujar uno o dos dientes con línea llena gruesa, para definir la posición sin ambigüedad (fig. 2 y 2b).



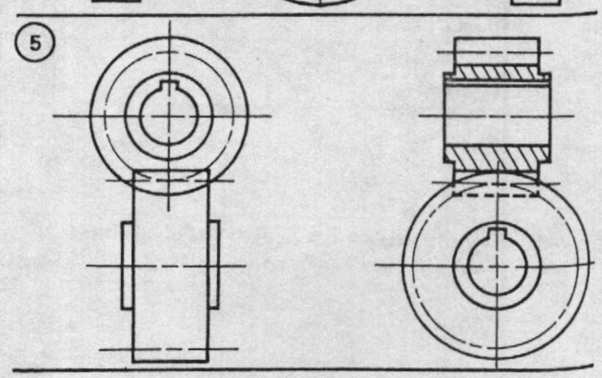
Orientación de los dientes
Si resulta útil indicar la orientación de los dientes de un engranaje, se emplearán los símbolos que siguen, colocándolos convenientemente en la vista paralela al eje de la rueda (fig. 3).

Dentado helicoidal	/
Dentado en ángulo	^
Dentado espiral	⌒

En el caso de un acoplamiento no hacer figurar el símbolo más que en una rueda.

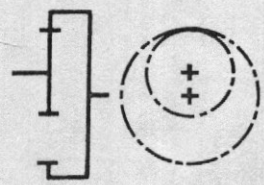
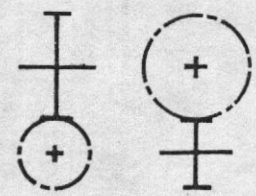
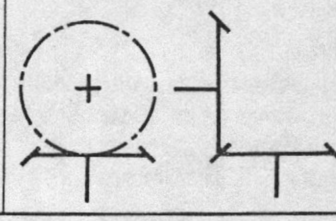
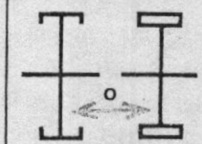


47■42 Representación de un conjunto

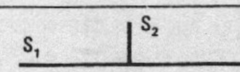
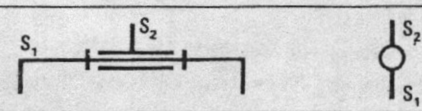
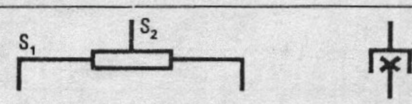
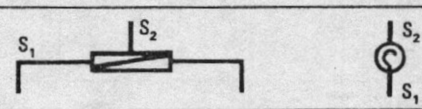
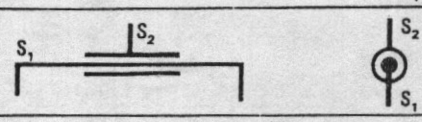
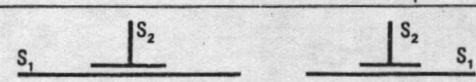
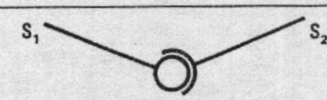
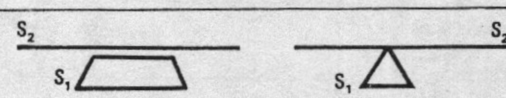
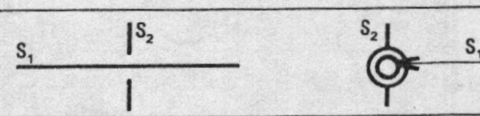
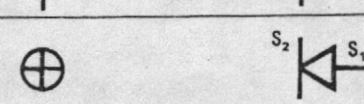


En la misma, ninguna de las dos ruedas del conjunto se supone oculta por la otra. Sin embargo, si las dos ruedas están representadas en un corte axial, uno de los dientes representados se supone oculto arbitrariamente (fig. 4). Si una de las ruedas no está cortada, oculta el diente de la rueda conjugada representada en corte (fig. 5).

SÍMBOLOS PARA CADENAS CINEMÁTICAS

Engranaje cilíndrico	**Engranaje helicoidal**	**Engranaje cónico**	**Rueda de fricción**
			

UNIONES CORRIENTES ENTRE DOS SÓLIDOS

Nombre de la unión	**Movimientos relativos**	**Símbolos**
Unión empotrada	0 rotaciones 0 traslaciones	
Unión pivotante	1 rotación 0 traslaciones	
Unión deslizante	0 rotación 1 traslación	
Unión deslizante helicoidal	1 rotación y 1 traslación conjugadas	
Unión con pivote deslizante	1 rotación 1 traslación	
Unión apoyo plano	1 rotación 2 traslaciones	
Unión por rótula	3 rotaciones 0 traslaciones	
Unión lineal rectilínea	2 rotaciones 2 traslaciones	
Unión lineal anular	3 rotaciones 1 traslación	
Unión puntual	3 rotaciones 2 traslaciones	
Unión libre	3 rotaciones 3 traslaciones	No hay símbolo Ningún contacto entre los dos sólidos

47■5 Acotación de una rueda dentada

La acotación de un engranaje debe ajustarse a las reglas de la acotación funcional (capítulo 19).

EJEMPLOS DE APLICACIÓN:

La acotación funcional de una pieza sólo puede hacerse si se conoce exactamente su empleo.

Es por ello que sólo se indican las características de dentado comunes a la mayor parte de aplicaciones.

OBSERVACIONES:

■ Si ello no implica ninguna confusiónl normalmente se admite el no indicar:

– El perfil de los dientes (si es de evolvente de círculo).

– El ángulo de presión (si es igual a 20º).

■ Si ello no implica ninguna confusión, normalmente se admite el no indicar:

norma NF E 23-006. En ella se señalan **doce calidades de precisión** numeradas del 1 al 12 en orden creciente de tolerancias.

Calidad de la precisión		6	7	8	9	10	11	12
Rueda sin encalar Tolerancia sobre el Ø del agujero		IT 6	IT 7	IT 7	IT 8	IT 8	IT 8	IT 8
Rueda encalada Tolerancia sobre el Ø de cabeza		IT 5	IT 6	IT 6	IT 7	IT 7	IT 8	IT 8
Toler. t_1 sobre Ø de cabeza		IT 8	IT 8	IT 8	IT 9	IT 9	IT 11	IT 11
Módulo		Tolerancia de coaxibilidad en micras						
Diámetro primitivo d ≤ 100	1 a 3,15	36	50	63	80	100	125	160
	>3,15 a 6,3	45	63	80	100	125	160	200
	>6,3 a 10	50	71	90	112	140	180	224
Diámetro primitivo d 100 a 400	1 a 3,15	40	56	71	90	112	140	180
	>3,15 a 6,3	40	71	90	112	140	180	224
	>6,3 a 10	56	80	100	125	160	200	250
Rugosidad de los flancos* Ra en micras		0,4	0,8		3,2		6,3	
Tolerancias entre ejes ± t		1/2 IT 7	1/2 IT 8		1/2 IT 9		1/2 IT 11	

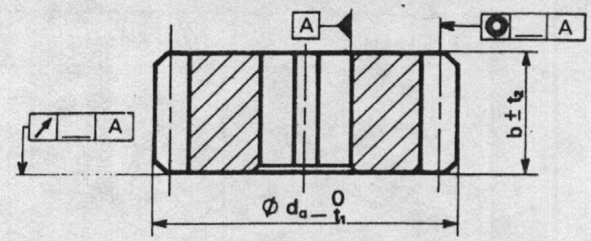
Denominación. A la calidad de precisión le siguen dos letras que definen la tolerancia relativa al espesor del diente.

Por ejemplo: 8 - df
df: alta precisión
af: precisión corriente

■ Para engranajes cónicos no existe ninguna normalización. Pueden servir de orientación los valores indicados anteriormente.

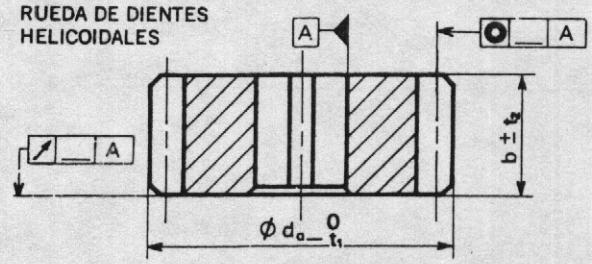
* Sin normalizar.

RUEDA DE DIENTES RECTOS



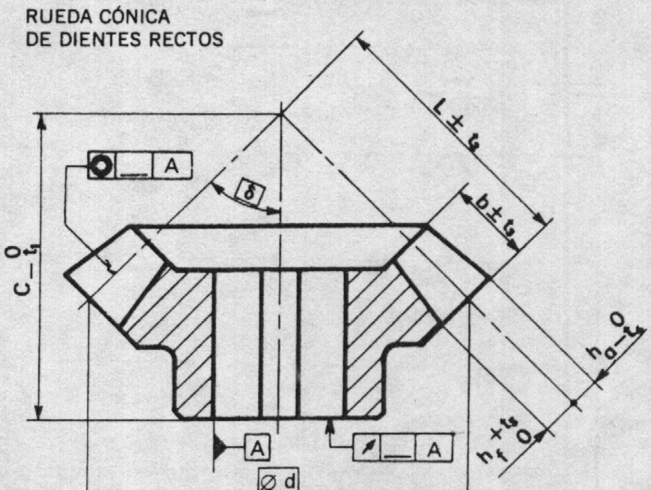
CARACTERÍSTICAS DEL DENTADO			
Calidad de la precisión: ______			
Número de dientes:	z	Diámetro primitivo:	d
Módulo:	m	Rugosidad de los flancos	√FG

RUEDA DE DIENTES HELICOIDALES



CARACTERÍSTICAS DEL DENTADO			
Calidad de la precisión ______			
Número de dientes:	z	Ángulo de la hélice:	β
Módulo real:	m_n	Sentido de la hélice:	—
Diámetro primitivo:	d	Rugosidad de los flancos:	√FG

RUEDA CÓNICA DE DIENTES RECTOS



CARACTERÍSTICAS DEL DENTADO			
Número de dientes :	z	Espesor del diente :	A 0 t
Módulo :	m	Rugosidad de los flancos:	√FG

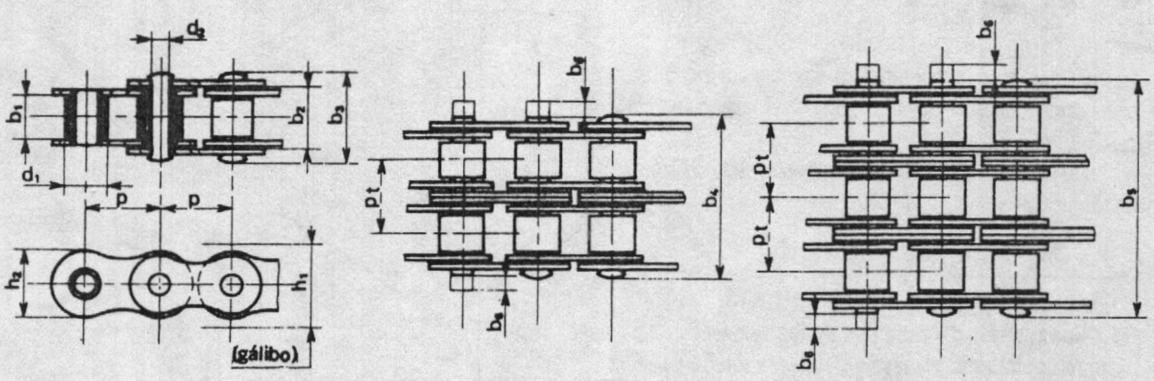
48 Cadenas calibradas de rodillos

NF E 26-102

Estas cadenas permiten la transmisión de un movimiento de rotación entre una rueda dentada conductora y una rueda dentada conducida sin contacto entre ambas. La transmisión está asegurada por el engrase de las mallas de la cadena con los dientes de las ruedas. El estudio se limita a los tipos de cadenas más usuales derivadas de las series americanas (A), europeas (B), y de paso corto. Con objeto de repartir los esfuerzos el ángulo abrazado por la cadena ha de ser superior a 90º.

APLICACIONES:

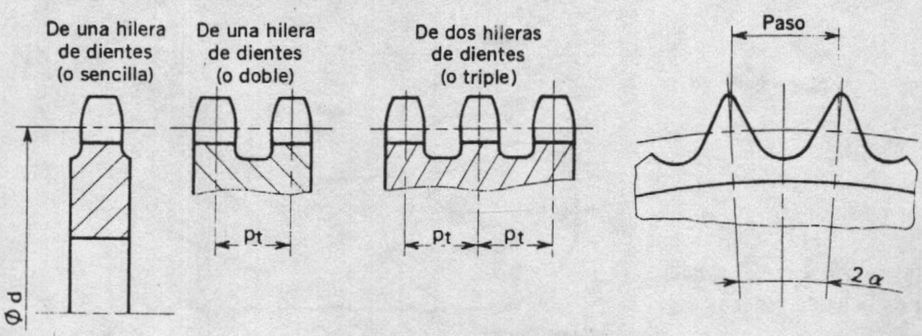
Se utilizan cuando la distancia entre ejes y el reducido espacio no permiten el empleo de engranajes.
Con relación a las correas tienen la ventaja: de permitir una transmisión sin deslizamiento, y hacer frente en buenas condiciones a grandes variaciones de temperatura. Sin embargo, es necesario asegurar un engrase.



Símbolo	Paso p	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	d_1	d_2	h_1	h_2	p_t	Carga de rotura en da N		
													Sencilla	Doble	Triple
08 A	12,70	7,95	11,31	17,8	32,3	46,7	3,9	7,95	3,96	12,33	12,07	14,38	1 385	2 770	4 155
10 A	15,87	9,53	13,97	21,8	39,9	57,9	4,1	10,16	5,08	15,35	15,09	18,11	2 175	4 350	6 525
12 A	19,05	12,70	17,88	26,9	49,8	72,6	4,6	11,91	5,94	18,34	18,08	22,78	3 115	6 230	9 345
16 A	25,40	15,88	22,74	33,5	62,7	91,9	5,4	15,88	7,92	24,39	24,13	29,29	5 555	11 110	16 665
06 B	9,52	5,72	8,66	13,5	23,8	34	3,3	6,35	3,28	8,52	8,26	10,24	895	1 700	2 490
08 B	12,70	7,75	11,43	17	31	44,9	3,9	8,51	4,45	12,07	11,81	13,92	1 785	3 115	4 450
10 B	15,87	9,65	13,41	19,6	36,2	52,8	4,1	10,16	5,08	14,99	14,73	16,59	2 225	4 450	6 675
12 B	19,05	11,68	15,75	22,7	42,2	61,7	4,6	12,07	5,72	16,39	16,13	19,46	2 890	5 780	8 670
16 B	25,40	17,02	25,58	36,1	68	99,9	5,4	15,88	8,28	21,34	21,08	31,88	4 225	8 450	12 675

Designación: símbolo de la cadena seguido de una cifra correspondiente al número de hileras. Ejemplo: cadena 08 B-2.

RUEDAS DENTADAS PARA CADENAS



CARACTERÍSTICAS

Paso de la cadena: p
Número de dientes: z

Ángulo en el centro:

$$2\,\alpha = \frac{360^\circ}{z}$$

Diámetro primitivo

$$d = \frac{p}{\operatorname{sen}\alpha}$$

Relación de velocidades:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_B}{Z_A}$$

49 Poleas y correas

Las poleas y correas permiten la transmisión de un movimiento de rotación de un eje conductor a un eje conducido, separados relativamente el uno del otro. El accionamiento se efectúa por la adherencia de la correa sobre las poleas.

49■1 Disposición de las correas

49■11 Ejes paralelos

Las correas pueden montarse de dos maneras:

■ correa «abierta» (los ejes giran en el mismo sentido, ver figura 1),

■ correa «cruzada» (los ejes giran en sentido contrario, ver figura 2).

49■12 Ejes cualesquiera

CONDICIÓN PARA SU FUNCIONAMIENTO:
La línea media de cada uno de los ramales de la correa debe encontrarse en el plano medio de la polea a la cual va a enrollarse.

Esta condición generalmente se materializa utilizando rodillos de reenvío. **El plano medio de cada rodillo es tangente a las dos poleas** (fig. 3).

OBSERVACIONES:

■ La transmisión del movimiento es posible sea cual sea el sentido de rotación.

■ Es posible suprimir los rodillos de reenvío, pero en este caso, la posición de las poleas debe estar de acuerdo con la condición de funcionamiento. Sólo hay un sentido de rotación posible.

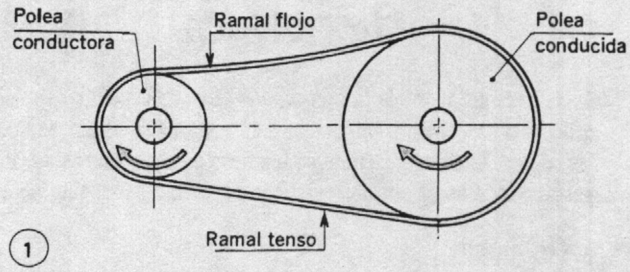
49■13 Rodillo tensor

El rodillo tensor aumenta los arcos de contacto de la correa. Ello permite:

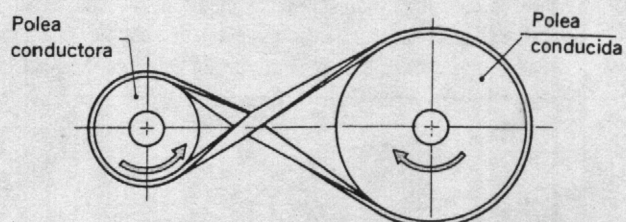
■ o transmitir pares más importantes,

■ o aumentar la relación entre los diámetros de las dos poleas (sin tensor la relación raramente rebasa 5, con tensor puede llegar hasta 7).

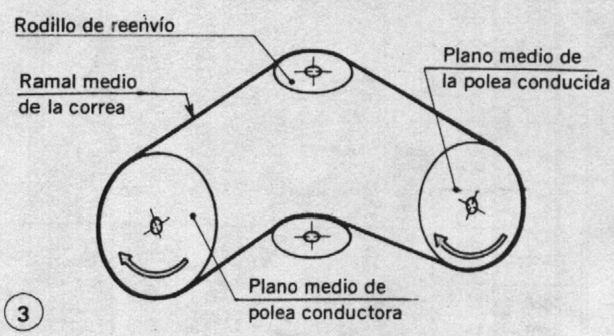
El rodillo tensor debe situarse en el ramal conducido lo más cerca posible de la polea pequeña (fig. 5).



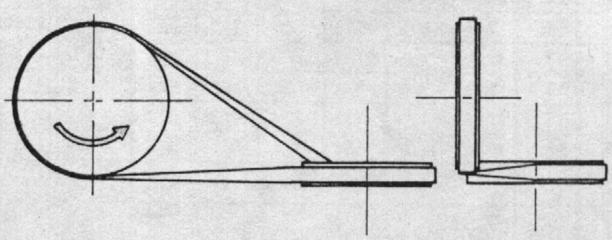
1



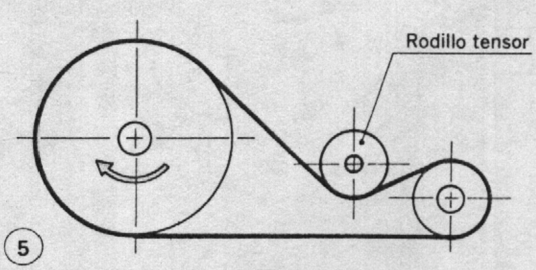
2



3



4



5

49■14 Diámetro y velocidades de las poleas NF E 22-001

El diámetro de las poleas y sus velocidades de rotación (en vueltas por minuto) deben elegirse con preferencia entre los de la serie R 10 de los números normales (ver capítulo 13) y respetar la regla siguiente:

El producto del diámetro de la polea por el número de vueltas por minuto se toma entre los términos de la serie R 10 de los números normales.

49■2 Tipos de correas

Existe una gran variedad de correas. La elección de una correa (forma, dimensiones, material) depende de las condiciones de funcionamiento (para transmitir, temperatura, medio ambiente, etc.).

PRINCIPALES FORMAS: Correas planas, trapezoidales, circulares, dentadas.

PRINCIPALES MATERIALES: Ver tabla contigua.

EMPALME: Se efectúa o mediante grapas, o por encolado o, si ello es posible, por soldadura.

Material	Coeficiente medio de reforzamiento sobre fundición	Límite elástico aproximado en bars*
Cuero	0,20 a 0,40	60 a 70
Algodón	0,45	40 a 50
Algodón-caucho	0,20 a 050	40 a 50
Pelo de camello	0,4	30
Rilsan	0,10 a 0,20	150 a 400
Acero	0,18	

* 1 bar = 1 decanewton por centímetro cuadrado (daN/cm²)

49■21 Correas planas

Las correas planas permiten transmitir elevadas velocidades de rotación. Con el fin de eliminar el efecto de la fuerza centrífuga en las correas se admiten generalmente las velocidades máximas contiguas.

Material	Velocidad periférica máxima
Cuero	25 m/s aproximadamente
Algodón	25 a 30 m/s
Rilsan	50 a 80 m/s
Acero ($e < 1$)	10 a 15 m/s

A partir de 30 m/s debe estar especialmente asegurado el equilibrado dinámico de las poleas.

49■211 Anchura y longitud

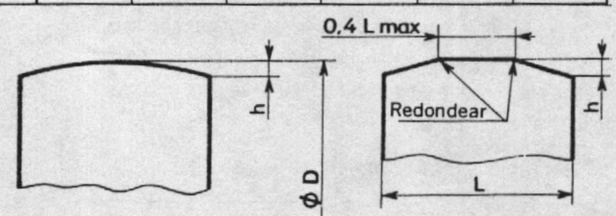
Independientemente de los materiales, las anchuras y longitudes de las correas se toman de preferencia entre los valores siguientes:

ANCHURAS I (NF E 24-101)						LONGITUDES L (NF E 24-102)					
16	± 2	40	± 2	80	± 3	400	630	1 000	1 600	2 500	4 000
20		50		90		450	710	1 120	1 800	2 800	4 500
25		63		100		500	800	1 250	2 000	3 150	5 000
32		71	± 3	112		560	900	1 400	2 240	3 550	5 600

49■212 Poleas

PERFIL DE LA LLANTA

El perfil de la llanta es una curva regular y simétrica (ver fig.). La parte bombeada permite a la correa centrarse de por sí en el plano medio de la polea.



Perfil recomendado — Perfil admitido

Diámetro D	Flecha h	Diámetro D	Flecha h
40 a 112	0,3	200 a 224	0,6
125 a 140	0,4	250 a 280	0,8
160 a 180	0,5	315 a 355	1

TOLERANCIA EN LA DISTANCIA ENTRE EJES:

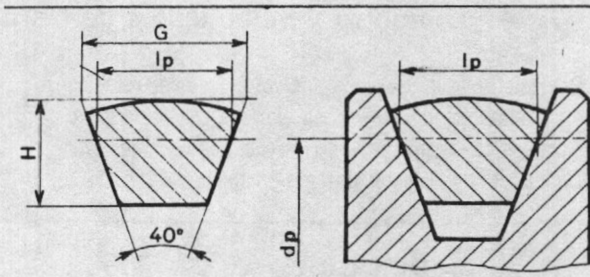
La distancia entre dos poleas puede variar entre los límites siguientes:

E max = distancia nominal + 3% L
E min = distancia nominal – 1,5% L

(L = longitud de la correa.)

49■22 Correas trapezoidales R 155-03

Son correas sin fin (sin empalme) de sección trapezoidal. Se construyen de caucho armado con cordones de algodón, de nylon, de acero, etc. Se montan en poleas de garganta trapezoidal. Se obtiene así una gran adherencia por acuñamiento de la correa en las gargantas de las poleas (casi tres veces más que una correa plana, para un mismo material). Así es posible reducir el arco abrazado y que la distancia entre ejes sea realtivamente corta.



CORREA		SECCIÓN G×H	ANCHURA lp
«Clásica»	A	13 × 8	11
	B	17 × 11	14
	C	22 × 14	19
«Estrecha»	SPZ	10 × 8	8,5
	SPA	13 × 11	11

Correa	dp	Potencia máxima en kW* a la velocidad en m/s de: 5	10	15	20	25	30	35
A	70	0,55	1,05	1,45	1,8	1,45	—	—
	⩾ 125	1,2	2	2,6	3,1	3,3	3,2	—
B	110	0,8	1,6	2,05	2,1	1,7	—	—
	⩾ 180	2	3,5	4,6	5,5	5,7	5,4	—
C	160	1,45	2,9	4	4,9	4,8	—	—
	240	3,3	5,8	7,6	8,8	9,1	8,4	—
SPZ	70	0,6	1,1	1,5	1,8	1,9	1,6	—
	190	1,2	2,2	3,1	4	4,6	5	5,1
SPA	100	1,1	2,1	2,9	3,5	3,8	3,5	—
	240	1,65	3,1	4,4	5,5	6,3	6,6	6,4

* Valores para un arco abrazado de 180°.

49■221 Deficiones y características

FIBRA NEUTRA O FIBRA PRIMITIVA

Línea que conserva la misma longitud cuando la correa pasa de la posición rectilínea a la posición arqueada sobre una polea.

ANCHURA PRIMITIVA l_p

Anchura nominal de la sección de una correa a la altura de la fibra neutra.

LONGITUD NOMINAL

Longitud de la fibra neutra bajo tensión normalizada. Esta longitud generalmente se elige entre las dimensiones nominales de la serie R 20 (capítulo 13)*.

> **Designación dimensional de una correa trapezoidal:**
> Una correa se designa por su longitud primitiva en milímetros y las letras que caracterizan su sección transversal. Indicar el número de la norma.
> **Correa trapezoidal 1.000 - SPZ** R 115-03

49■222 Poleas

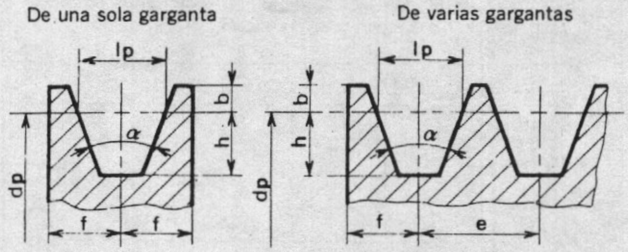
Las dimensiones de la sección transversal de una correa varían en función del radio de curvatura al que haya de adaptarse. El ángulo α de la garganta viene dado por el ábaco contiguo. La lectura se hace con una aproximación de 15'.

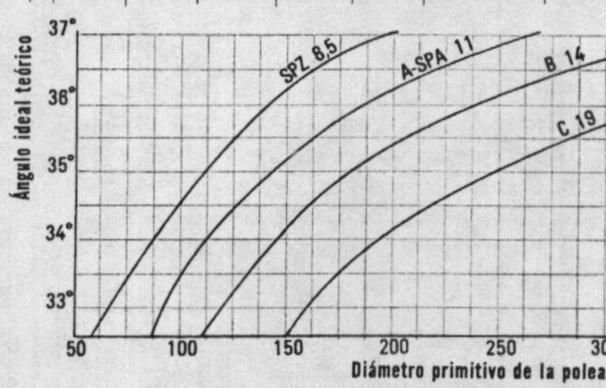
Tolerancia sobre el ángulo $\alpha = \pm 30'$.

POLEAS		lp	b min	h min	e	f
«Clásica»	A	11	3,3	8,7	15	10
	B	14	4,2	10,8	19	12
	C	19	5,7	14,3	25	16
«Estrecha»	SPZ	8,5	2	9	12	8
	SPA	11	2,75	11	15	10

* Consultar los catálogos de fabricantes:

De una sola garganta — De varias gargantas





DIÁMETRO PRIMITIVO

El ángulo de garganta $\alpha = 32^{\circ}\,30'$ determina el diámetro primitivo mínimo para una polea (ver ábaco de la página anterior).

Elegir el mayor diámetro primitivo posible, cuidando sin embargo **no sobrepasar una velocidad periférica de 25 m/s para las correas «clásicas» y de 40 m/s para las correas «estrechas».**

DISTANCIA ENTRE EJES DE POLEAS

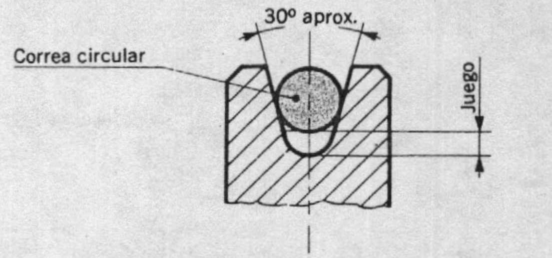
La distancia entre poleas debe ser regulable.

De esta forma es posible:

- Montar las correas sin forzarlas (prohibir el montaje por apalancamiento sobre el borde de las poleas).
- Compensar las diferencias de longitud entre correas consecuencia de las tolerancias de fabricación (distancia mínima de reglaje: H + 3/100 de la longitud nominal).

49.23 Correas de sección circular

Las correas de sección circular se utilizan sobre todo en pequeños mecanismos. Se montan en poleas de garganta. Se obtiene una gran adherencia por acuñamiento de la correa en la garganta de las poleas.

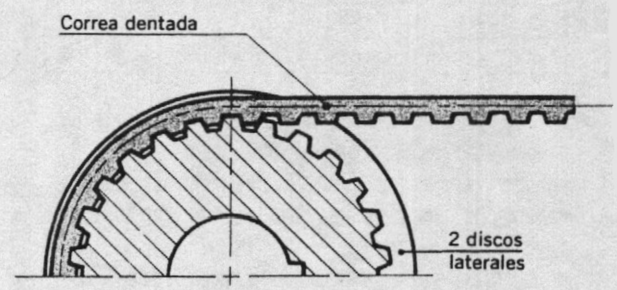


PRINCIPALES MATERIALES:

Cuero, nylon, policloruro de vinilo, neopreno, caucho (se pueden utilizar juntas teóricas § 44.25), acero (la correa ofrece el aspecto de un resorte helicoidal teórico).

49.24 Correas dentadas

La parte interna de estas correas es dentada. De esta forma, aseguran una transmisión sin deslizamiento. Se construyen en neopreno armado con fibra de vidrio o alambre de acero.



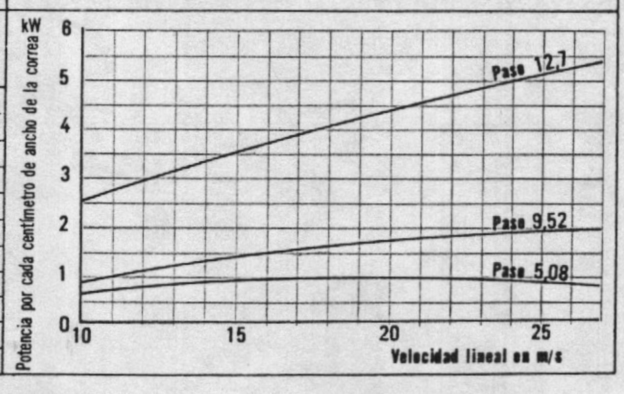
NOTA: en principio, la ejecución de las ruedas dentadas se encarga al fabricante de la correa.

Paso 5,08	Anchuras: 6,35 - 7,93 - 9,52	Longitudes primitivas	152,4	177,8	203,2	228,6	254	279,4	304,8	330,2	355,6	381
			406,4	431,8	457,2	482,6	508	533,4	558,8	584,2	609,6	635
Paso 9,52	Anchuras: 12,7 - 19,05 - 25,4	Longitudes primitivas	314,3	381	476,3	533,4	571,5	609,6	647,7	685,8	723,9	762
			819,2	876,3	933,5	990,6	1 066,8	1 143	1 219,2	1 295,4	1 371,6	1 524
Paso 12,7	Anchuras: 19,05 - 25,4 38,1 - 50,8 - 76,2	Longitudes primitivas	609,6	685,8	762	838,2	914,4	990,6	1 066,8	1 143	1 219,2	1 295,4
			1 371,6	1 447,8	1 524	1 600,2	1 676,4	1 778	1 905	2 032	2 159	2 286

DETERMINACIÓN DEL PASO

Potencia en kW	Velocidad de rotación en rev/mn del piñón 3 500	1 750	1 160	870	690
0,06	5.08	5.08	5.08/9.52	5.08/9.52	9,52
0,09	5,08	5.08/9,52	9,52	9,52	9,52
0,12/0,2	5,08/9,52	9,52	9,52	9,52	9,52
0,25	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52/12,7
0.37	9,52	9,52	9,52	9,52/12,7	9,52/12,7
0,6/0,75	9,52	9,52/12,7	9,52/12,7	9,52/12,7	12,7
1,5	9,52	9,52/12,7	9,52/12,7	12,7	12,7
2,2	9,52/12,7	9,52/12,7	12,7	12,7	12,7
3,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
5,6	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
7,5	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7

DETERMINACIÓN DEL ANCHO



50 Redondeados, chaflanes y salidas de muela R 943-02

▪ **En los agujeros** los chaflanes recomendados son en general a 45º (ver fig. 1).

▪ **En los ejes,** los chaflanes recomendados son:

- 45º para quitar rebabas
- 30º ó 20º para la entrada de piezas

Si los chaflanes son reemplazados por redondeados evitar redondeados tangentes siempre difíciles de realizar (fig. 2).

DIMENSIONES LINEALES NORMALIZADAS								
0,25	0,4	0,6	(0,8)	1	(1,2)	1,6	(2)	2,5
(3)	4	(5)	6	(8)	10	(12)	16	—
* Evitar el empleo de los valores entre paréntesis.								

▪ Se recomienda anotar las tolerancias de los redondeados y de los chaflanes en los dibujos.

Muchas veces es posible una acotación menos condicionante y ello tiene la ventaja de dejar el máximo margen a los servicios de fabricación (fig. 3).

▪ Para un eje sometido a fuerte carga y trabajando a flexión (mangueta de un eje de vehículo por ejemplo), a veces es necesario prever un redondeamiento mayor que el chaflán correspondiente de la pieza a acoplar. En este caso se intercala entre la pieza y el eje una arandela intermedia achaflanada adecuadamente (fig. 4).

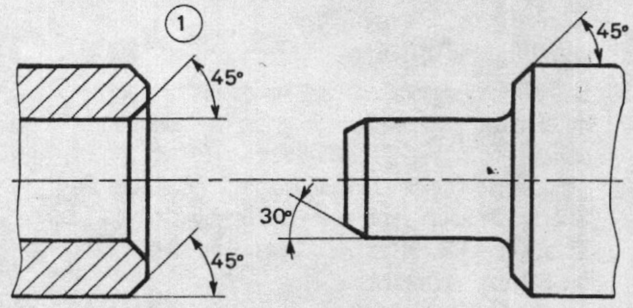
▪ **Salidas de muela para rectificado de ejes y de planos:**

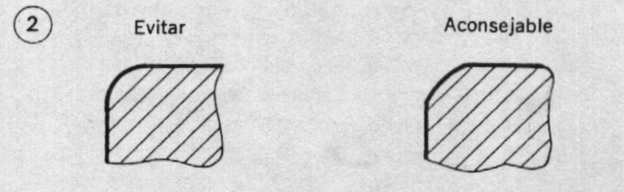
- la salida de muela de la figura 5a, permite un rectificado cilíndrico y un refrentado,
- la salida de muela de la figura 5 b es adecuada sólo para una de las dos operaciones del punto anterior.

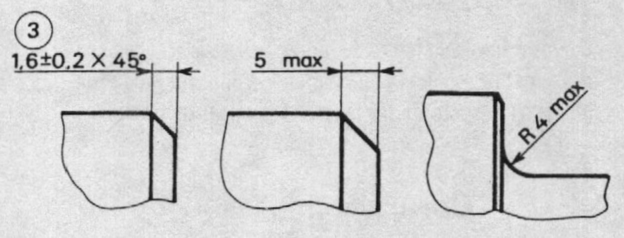
B	C	D	E	F
0,4	0,8	0,25	0,4	0,4 - 0,6
0,6	1	0,25	0,6	1 - 1,6 - 2,5

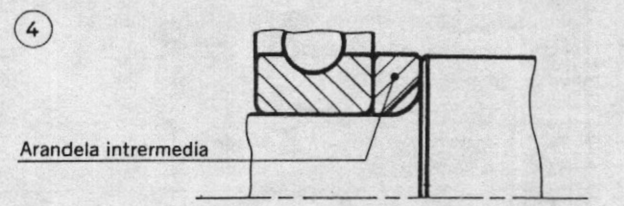
▪ Dos superficies cilíndricas con distintas tolerancias se separan mediante una garganta (fig. 6).

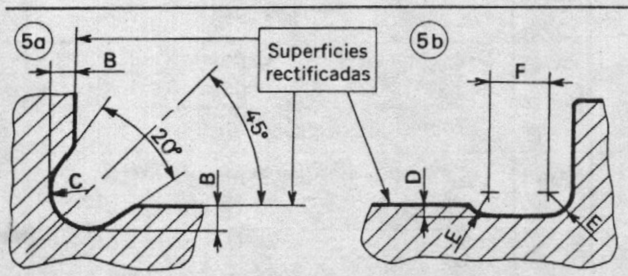
▪ Para chaflanes y salidas de rosca ver § 30.42.

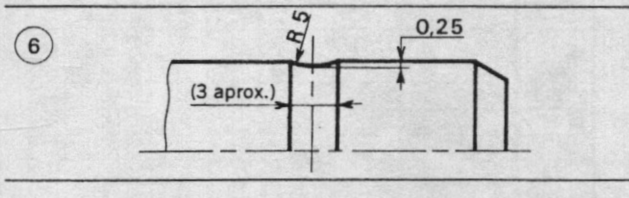












51 Accesorios para máquinas herramientas

51■1 Mangos cónicos para herramientas

Estos mangos aseguran el centrado de las herramientas en el husillo portátil de la máquina. Un mango cónico para herramientas se caracteriza por su conicidad.
El estudio se reduce a los dos tipos de conos más corrientes: Los conos «Morse» y los conos 7/24.

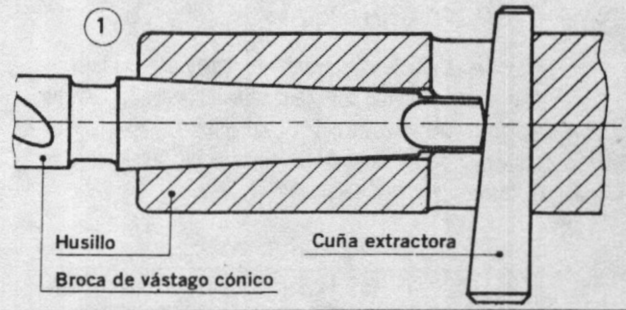
51■11 Conos «Morse» – Conos 5%

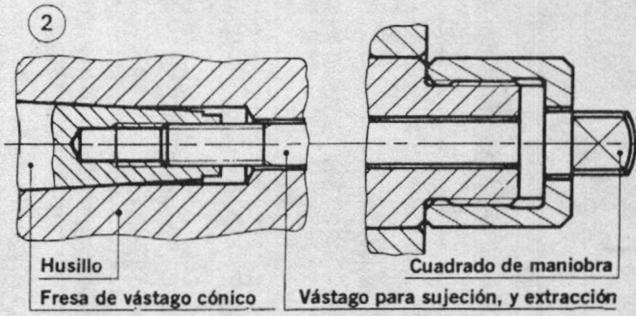
Ambos aseguran un centrado de precisión elevada. Su poca conicidad (ver cuadro) facilita una adherencia suficiente para arrastrar la herramienta. El desmontaje del útil es difícil. Requiere un sistema de extracción:

- Cuña extractora para máquinas poco precisas (taladradora, por ejemplo, ver fig. 1).
- Extractor roscado para máquinas de precisión (fresadora, por ejemplo, ver fig. 2).

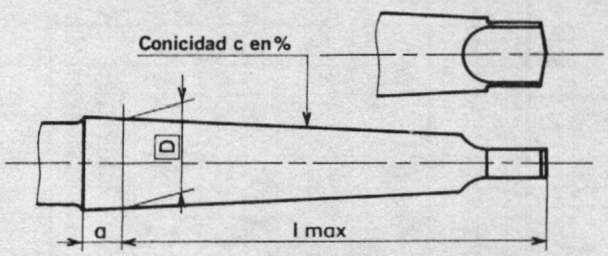
CONOS MORSE							
Nº	0	1	2	3	4	5	6
c en %	5,205	4,988	4,995	5,020	5,194	5,263	5,214
D	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
a	3	3,5	5	5	6,5	6,5	8
d_1	—	M 6	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
d_2	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,6
l	56,5	62	75	94	117,5	149,5	210
l_1	50	53,5	64	81	102,5	129,5	182
l_2	52	56	67	84	107	135	188
m	—	16	24	28	32	40	50

CONOS 5% (Conicidad 5%)							
D	4	6	80	100	120	160	200
a	2	3	8	10	12	16	20
d_1	—	—	M 30	M 36	M 36	M 48	M 48
d_2	3	4,6	71,5	90	108,5	145,5	182,5
l	—	—	220	260	300	380	460
l_1	23	32	196	232	268	340	412
l_2	25	34	202	240	276	350	424
m	—	—	65	80	80	100	100

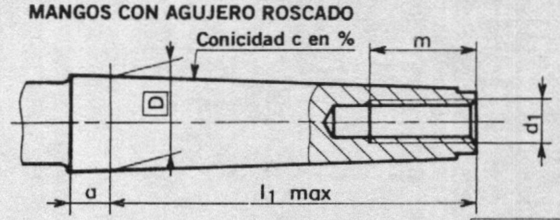




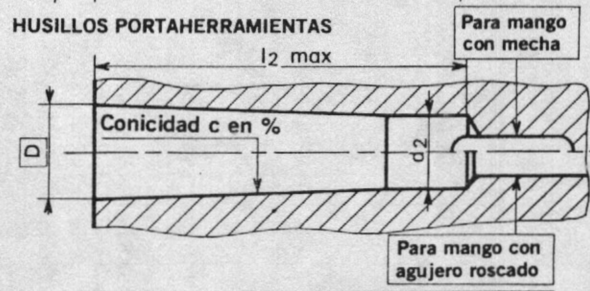
MANGOS CON MECHA NF E 66-531



MANGOS CON AGUJERO ROSCADO



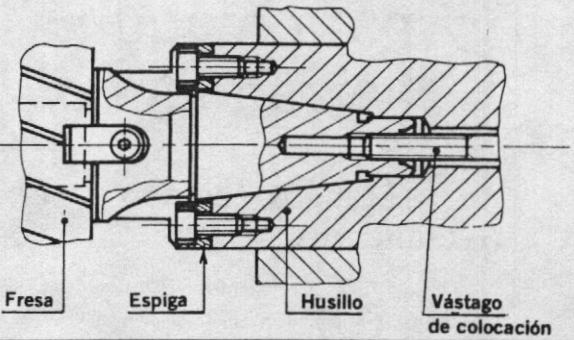
HUSILLOS PORTAHERRAMIENTAS



Ejemplos de designación de un cono MORSE nº 3 y de un cono 5% de diámetro, de calibre D = 100: **Cono Morse nº 3** **Cono 5% - 100**

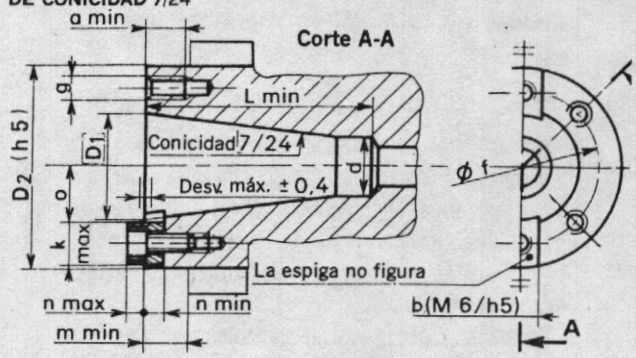
51■12 Conos 7/24

Estos conos efectúan un centraje menos preciso que los conos Morse. Su gran conicidad (alrededor del 29,2 %) no hace posible el arrastre del útil y requiere la existencia de unas espigas. En cambio, la facilidad de desmontaje de los mismos es muy apreciada.



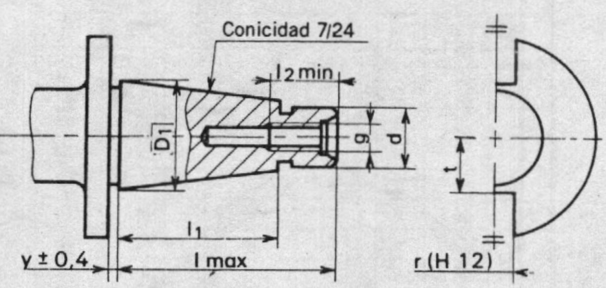
Husillo n.º	30	40	45	50	55	60
D_1	31,75	44,45	57,15	69,85	88,90	107,95
D_2	69,83	88,88	101,60	128,57	152,40	221,44
d	17,4	25,3	32,4	39,6	50,4	60,2
L	73	100	120	140	178	220
a	16	20	20	25	30	30
b	15,9	15,9	19	25,4	25,4	25,4
g	M 10	M 12	M 12	M 16	M 20	M 20
f	54	66,7	80	101,6	120,6	177,8
m	12,5	16	18	19	25	38
n	8	8	9,5	12,5	12,5	12,5
o	16,5	23	30	36	48	61
k	16,5	19,5	19,5	26,5	26,5	45,5

HUSILLO DE PORTAHERRAMIENTAS DE CONICIDAD 7/24 N F E 60-023



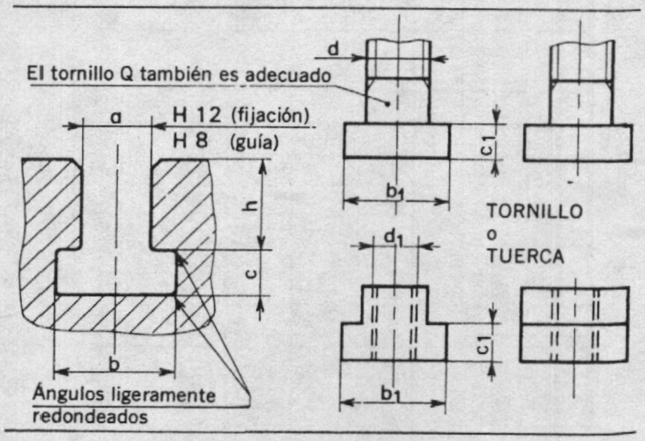
Husillo n.º	30	40	45	50	55	60
D_1	31,75	44,45	57,15	69,85	88,90	107,95
d	17,4	25,3	32,4	39,6	50,4	60,2
l	70	95	110	130	168	210
l_1	48,4	65,4	82,8	101,8	126,8	161 8
l_2	24	30	38	45	45	56
g	M 12	M 16	M 20	M 24	M 24	M 30
r	16,1	16,1	19,3	25,7	25,7	25,7
t	16,2	22,5	29	35,3	45	60
y	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2

MANGO DE HERRAMIENTA DE CONICIDAD 7/24 N F E 60-024



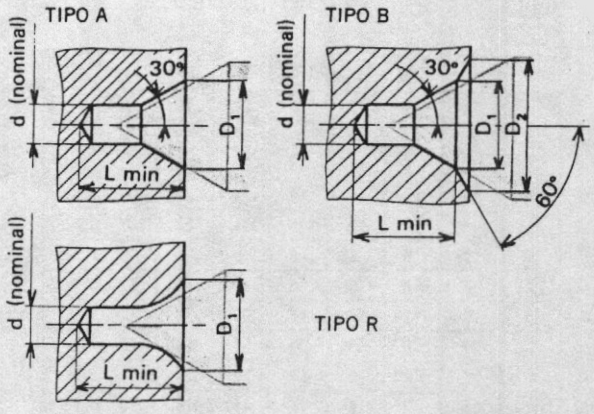
51■2 Ranuras en T NF E 21-301

a	b	c	h		b_1	c_1	d	d_1
	min.	min.	max.	min.				
6	11	5	8	5	10	4	M 5	–
8	14,5	7	11	7	13	6	M 6	–
10	16	7	14	9	15	6	M 8	M 6
12	19	8	17	11	18	7	M 10	M 8
14	23	9	19	12	22	8	M 12	M 10
18	30	12	24	16	28	10	M 16	M 12
22	37	16	29	20	34	14	M 20	M 16
28	46	20	36	26	43	18	M 24	M 20
36	56	25	46	33	53	23	M 30	M 24
42	68	32	53	39	64	28	M 36	M 30



51■3 Puntos de centrado NF E 60-051

Estos centros sirven para mecanizar la pieza entre puntos. Materializan el eje de la pieza. Con objeto de facilitar la verificación o un mecanizado posterior eventualmente, es útil conservar los puntos de centrado en toda la pieza acabada.



ELECCIÓN DE UN PUNTO DE CENTRADO

■ La elección de un punto de centrado fundamentalmente se hace en función de las dimensiones de la pieza a centrar (diámetro máximo, longitud, diámetro de sus extremos), del esfuerzo cortante y de la precisión del trabajo a realizar.

■ Como primera estimación y para casos generales se puede determinar utilizando la tabla contigua.

■ Se recomienda, con miras a que la superficie cónica no vea alteradas sus condiciones geométricas al transcurrir el tiempo, emplear puntos con un avellanado de protección cónico (tipo B).

■ Los puntos de centrado de perfil curvilíneo (tipo R) se reservan en principio a trabajos de alta precisión.

d	D_1	D_2	L	d	D_1	D_2	L
(0,5)	1,06	–	1,3	3,15	6,70	10	7
(0,8)	1,70	–	1,9	4	8,50	12,5	8,9
1	2,12	3,15	2,3	(5)	10,60	16	11,2
1,6	3,35	5	3,5	6,3	13,20	18	14
2	4,25	6,3	4,5	(8)	17	22,4	17,9
2,5	5,30	8	5,5	10	21,20	28	22,5

Evitar el empleo de valores entre paréntesis.

Diámetro máx. de la pieza	⩽ 2	2 a 5	5 a 8	8 a 10	10 a 16	16 a 25	25 a 45	45 a 80	80 a 120	> 120
Centro de diámetro d	0,5	0,8	1	1,6	2	3,15	4	6,3	8	10

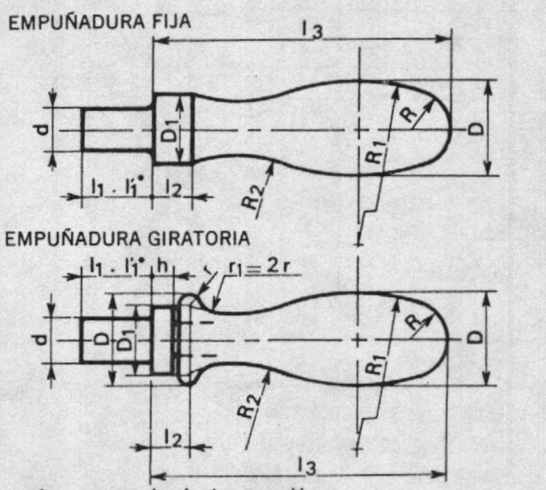
Ejemplo de designación de un centro de mecanizado tipo B de diámetro nominal d = 1,6. **Centre B 1,6** NF E 60-051

51■4 Órganos de maniobra normalizados

51■41 Empuñaduras* NF E 21-411

Las empuñaduras se utilizan en manivelas § 51.42, en volantes de maniobra (§ 51.43), etc. Pueden ser fijas o giratorias.

D	10	12	16	20	24	30	36	42
d	5	6	8	10	12	14	16	18
D_1	8	9,5	12,5	16	19	24	28,5	33.5
l_1	8	9,5	13	16	19	24	28,5	34
l'_1	12	14,5	19	24	29	36	43	50
l_2	4	5	6,5	8	10	12	15	17
l_3	32	38,5	51	64	77	96	115,5	134
R	4	5	6,5	8	10	12	15	17
R_1	22	30	37,5	44	60	66	90	97
R_2	17	17	24	34	34	51	51	65
h	–	–	4	5	6,5	7,5	9	10,5
r	–	–	1,5	2	2,5	3	3,5	4



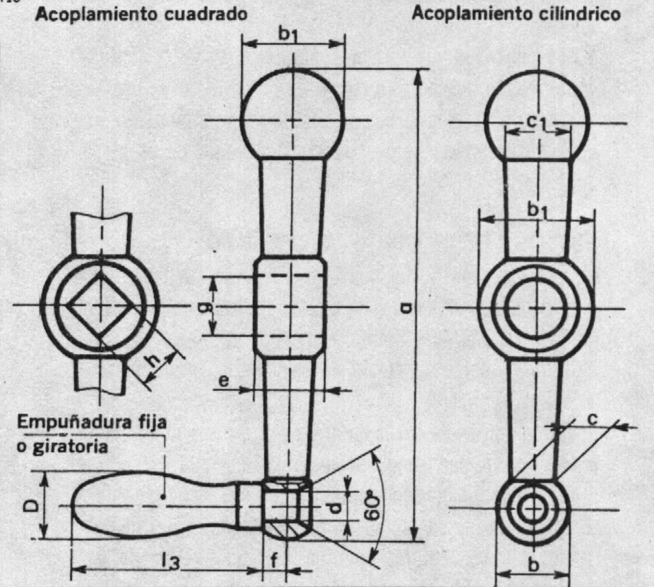
* l_1: cota para acoplamiento a presión
l'_1: cota para fijación por remachado o atornillado y remachado

Ejemplo de designación de una empuñadura de diámetro D = 24: **Empuñadura fija de 24,** NF E 21-411

Solamente están normalizadas las dimensiones generales.

51.42 Manivelas equilibradas* NF E 21-413

a	80	100	125	160	200	250	315	400
b	12	14	18	18	24	24	30	36
b_1	20	22	27	27	36	36	48	60
c	7	8	11	11	14	14	17	21
c_1	13	14	17	19	24	28	34	43
e	14	14	18	18	24	26	32	40
f	4	5	6	6	8	8	10	12
d	5	6	8	8	10	10	12	14
D	10	12	16	16	20	20	24	30
l_3	32	38.5	51	51	64	64	77	96
g max	12	12	16	16	24	24	30	36
h max	10	10	12	12	19	19	23	29



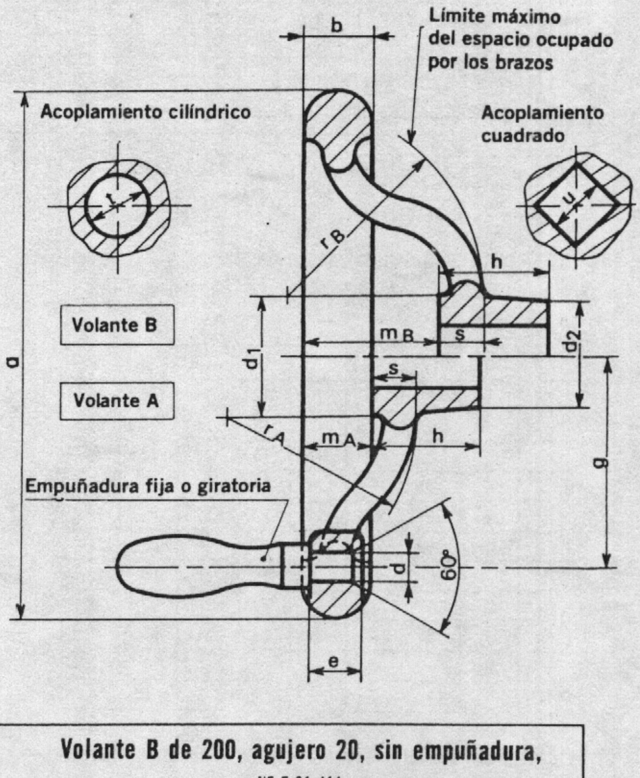
El acoplamiento puede ser cilíndrico, con una inmovilización a prever, o cuadrado. La empuñadura puede ser añadida (§ 51.41), o venir de forja.

Ejemplo de designación de una manivela equilibrada de longitud a = 200, con acoplamiento cuadrado y empuñadura giratoria:

Manivela de 200, cuadrado 17, empuñadura giratoria, NF E 21-413

51.43 Volantes de maniobra* NF E 21-414

a	80	100	125	160	200	250	315	400
b	12	14	18	18	24	24	30	36
d	5	6	8	8	10	10	12	14
d_1	25	25	32	40	50	64	72	90
d_2	22	22	28	36	45	56	64	80
e	9	11	15	15	19	19	24	30
g	32	40	50	64	80	100	125	160
h	22	22	28	36	45	56	64	80
m_A	11	14	18	22	25	28	32	36
m_B	22	28	36	45	50	56	64	72
r_A	20	35	40	55	70	95	140	190
r_B	20	30	40	50	65	80	105	145
s	7	8	12	14	16	18	20	22
t max	12	12	16	20	24	30	36	42
u max	10	10	12	16	19	23	29	32



Se distinguen dos tipos de volantes:

- volante A (cubo poco desplazado)
- volante B (cubo muy desplazado)

Si el volante lleva empuñadura hay que prever su equilibrado.

Ejemplo de designación de un volante B de diámetro a = 200, sin empuñadura:

Volante B de 200, agujero 20, sin empuñadura, NF E 21-414

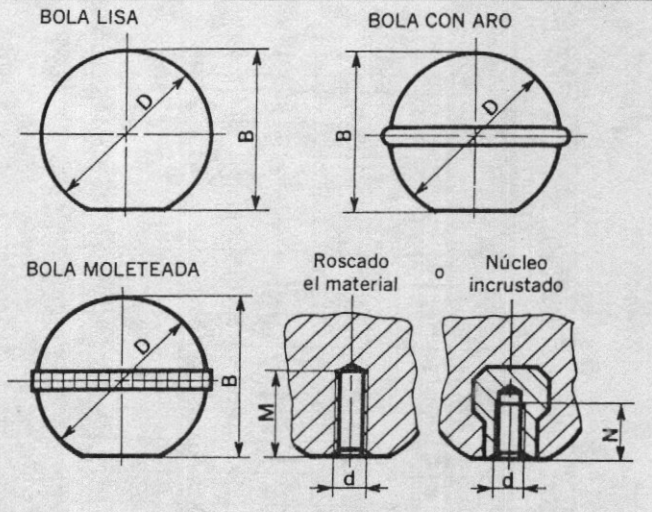
* Solamente están normalizadas las dimensiones generales.

51.5 Órganos de maniobra en baquelita

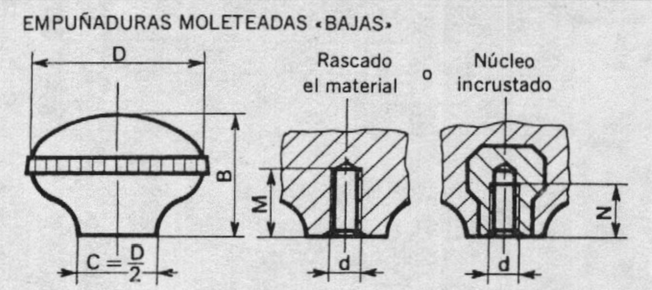
Estas piezas se fabrican normalmente en baquelita negra o rojo claro.

51.51 Bolas y empuñaduras

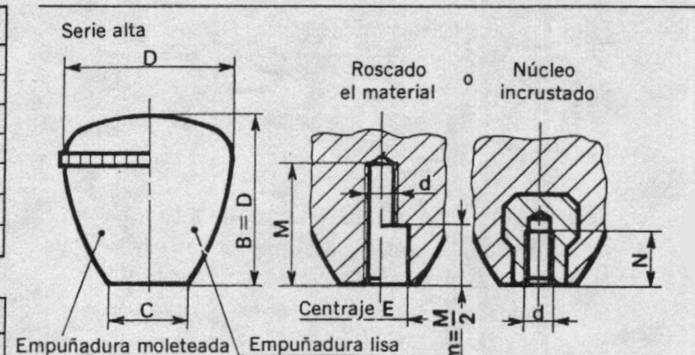
D	d	B	M	N	D	d	B	M	N
10	M 4	9,6	5	–	35	M 12	32,8	23	14
15	M 5	13,8	9	5,5	40	M 8	37,3	22	14
20	M 6	18	12	6,5		M 12	37,3	23	21
25	M 8	23,2	15	11	45	M 8	42,6	23	14
30	M 8	27,7	19	14		M 12	42,6	30	21
	M 12	27,7	16	–	50	M 12	47,5	31	21
35	M 8	32,8	20	14		M 20	47,5	32	–



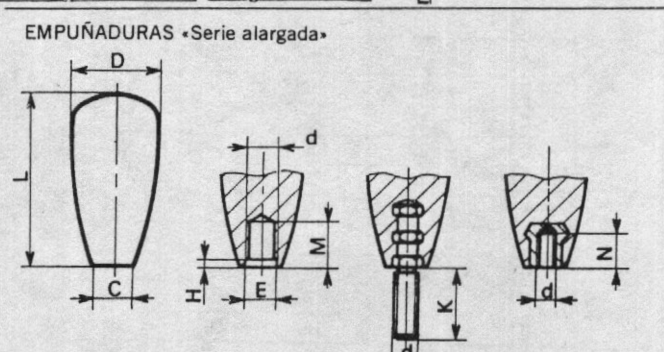
D	d	B	M	N	D	d	B	M	N
20	M 4	13,8	8	10	35	M 10	24,2	16	14
	M 6	13,8	9,5	6,5	40	M 8	27,4	15	14
25	M 4	17,3	8	10		M 12	27,4	20	14
	M 6	17,3	12	6,5	45	M 8	31,1	18	14
30	M 6	20,7	12	12		M 12	31,1	22	14
	M 10	20,7	14	–	50	M 8	35	25	14
35	M 6	24,2	12	12		M 12	35	25	21



D	d	C	E	M	N	D	d	C	E	M	N
11	M4	6	–	8	–	30	M 8	14	10	24	14
16	M4	8	5	12	10	35	M 8	16	10	28	14
20	M4	10	–	13	10		M 10	16	12	28	22
	M6	10	7	16	6,5	40	M 8	18	10	32	14
25	M5	12	–	13	10		M 12	18	14	32	21
	M8	12	10	20	–	45	M 10	20	12	36	22
30	M6	14	8	24	12		M 12	20	14,2	36	–



D	L	C	d	E	H	K	M	N
18	37	10	M 6	6,2	2	18	14	–
22	45	12	M 5	5,2	2	18	12	10
			M 8	8,2	2	–	16	–
27	56	15	M 8	8,5	8	24	24	14
			M 10	10,5	10	–	28	–
33	70	19	M 10	10,5	12	24	32	14
			M 12	12,5	16	30	40	22



Otras piezas en baquelita:

- volantes § 51.52.
- Pomo «en estrella» y «serie plana» § 32.26, 32.27.
- Manecillas de bloqueo § 32.42.

51■52 Volantes

A	100	120	140	160	190
B	28	34	40	50	50
C	37	44,5	52	52	72,5
D	12	14	16	16	18
d	6	8	8	10	10
E	22	26,5	30	28	40
F	14	17	20	22	25
G	13,8	15,8	18,3	18,5	20,5
H	4	4	5	5	6
J	16	20	24	35	35
L	12	16	16	20	30
M	81	98	118	136	168
N	M 6	M 8	M 8	M 10	M 10
O	9	10	11	14	14

R	58	64	69	74
S	55	60	65	70
T	14,5	16	17	18
U	21	23	25	28

Se distinguen dos tipos de volantes:

- los volantes macizos con o sin empuñadura giratoria,
- los volantes de cinco brazos.

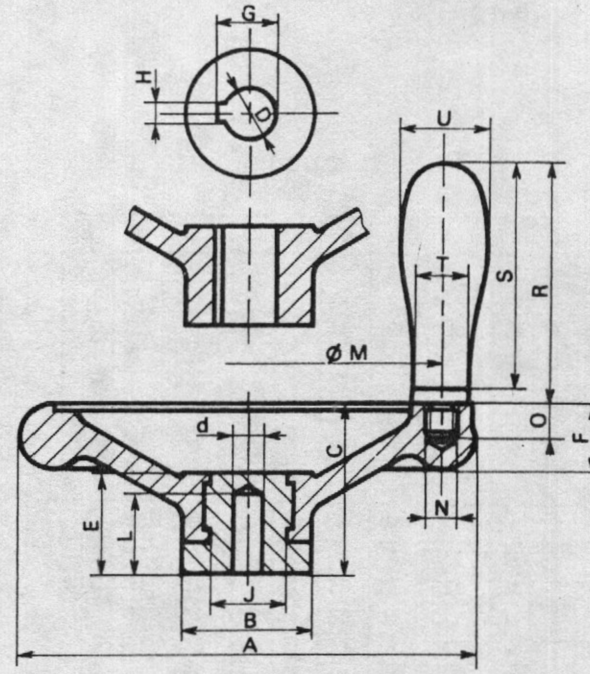
Estos dos tipos de volantes tienen:

- o un ángulo con ranura para chaveta, en el cubo macizo,
- o un núcleo de acero «incrustado, en el moldeo en baquelita».

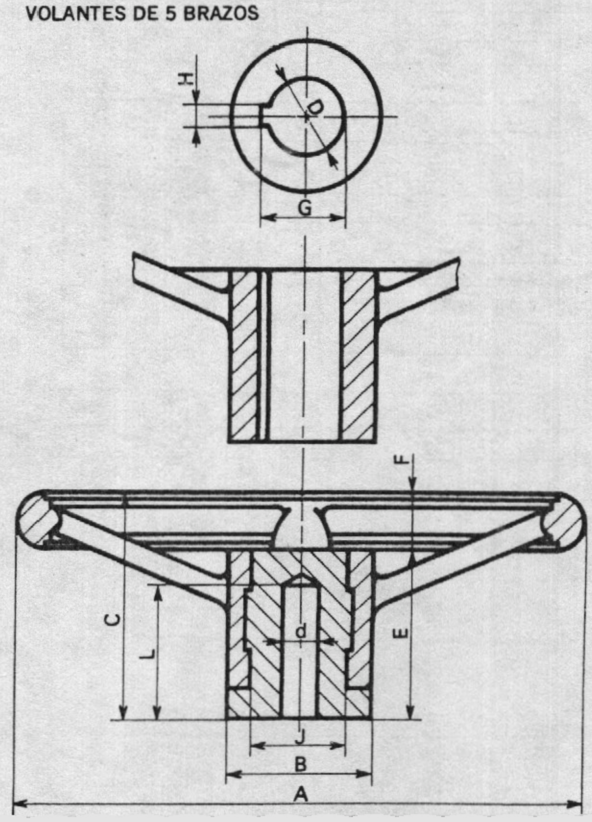
En este último caso, el núcleo se somete a un nuevo mecanizado complementario, que depende de la forma como se prevé su acoplamiento al eje. El agujero de diámetro d sirve de «taladro guía previo» materializando el eje del volante.

A	150	200	250	300
B	39	49	64	69
C	60	100	102	105
D	20	26	34	38
d	10	12	15	16
E	45	80	80	80
F	15	20	22	25
G	22	29	37	41
H	5	8	10	10
J	25	31	36	38
L	35	55	65	65

VOLANTES MACIZOS

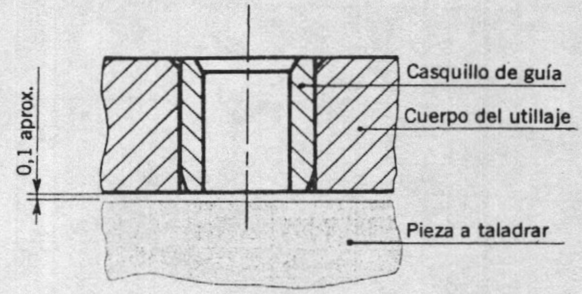


VOLANTES DE 5 BRAZOS



52 Casquillos guía de taladro

Los casquillos guía de taladro son manguitos cilíndricos que tienen por finalidad guiar una broca o un escariador. Con el fin de evitar una posible flexión de las herramientas y consiguiente disminución de la precisión, los casquillos guía se sitúan lo más cerca posible de la pieza a taladrar.



52.1 Casquillos fijos NF E 21-001

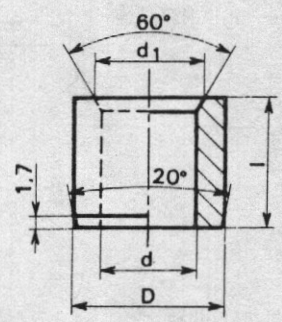
d (F7) Más de	Hasta	d_1	D n6	l Serie B Baja	H Alta	D_1	h
—	2	d + 1	5	5	8	9	2
2	3	d + 1	6	5	8	10	2.5
3	4,5	d + 1	8	8	10	12	2.5
4,5	6	d + 1	10	8	12	14	3
6	8	d + 1	12	10	16	16	3
8	10	d + 1	15	10	16	19	4
10	12	d + 2	18	12	22	22	4
12	15	d + 2	22	12	22	26	4
15	18	d + 3	26	16	28	30	4
18	21	d + 3	30	16	28	35	5
21	25	d + 3	35	22	35	40	5
25	29	d + 3	40	22	35	46	5
29	34	d + 4	46	28	35	52	5
84	39	d + 4	53	28	42	61	5
39	45	d + 4	60	28	42	68	6
45	52	d + 4	68	35	50	78	6
52	60	d + 6	80	35	50	92	6

* Si se desea otra tolerancia sobre d especificarlo en el pedido.

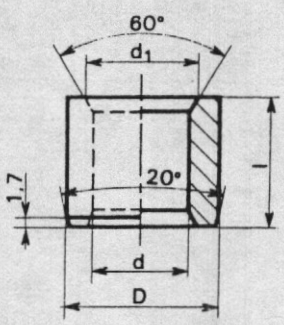
** La tolerancia del agujero en el que ha de encajar el casquillo es H6. Si se cambia el casquillo la tolerancia sobre D, pasa de n6 a p6.

CASQUILLOS FIJOS NF E 21-001

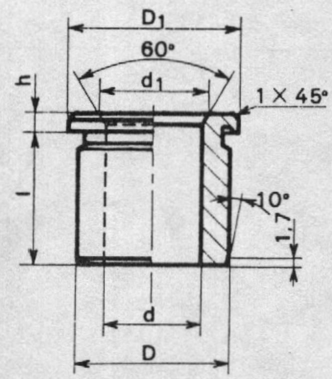
Tipo C
de una entrada



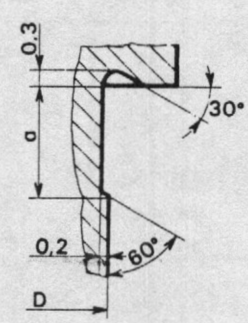
Tipo D
de doble entrada



Tipo E*
cilíndrico con collarín



Detalle



a = 1 a 1,2 para d ⩽ 6

a = 2 para d > 6

*Asegura una posición axial precisa del casquillo

MARCADO:
Grabar el diámetro de la herramienta a utilizar sobre la parte superior del casquillo. Si ello no es posible, marcarlo en el cuerpo del utillaje al lado del casquillo.

MATERIAL:
- Hasta d = 10, acero fundido o acero nitrurado (frecuentemente XC 65 f).
- Más allá de d = 10, acero de cementación (en general XC 10).

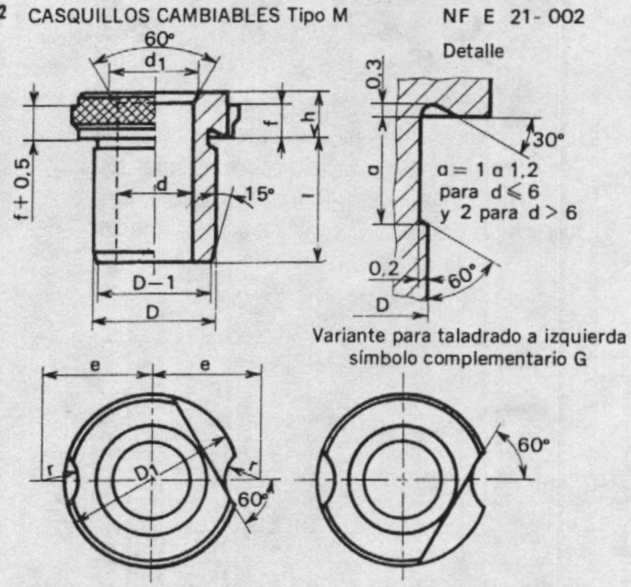
Ejemplo de designación de un casquillo fijo, tipo **E**, de diámetro **d** = 10, serie baja **B**: **Casquillo guía de taladro E 10 B,** NF E 21-001

52■2 Casquillos cambiables NFE 21-002

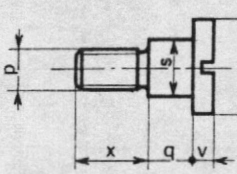
d (F7) Más de	d (F7) Hasta	d_1	D j6	l Serie B Baja	l Serie H Alta	D_1	e	f c11	h	r	Tornillo
1	4	d + 1	8	10	16	12	9,5	4	7	5,5	4
4	6	d + 1	10	10	16	16	12,5	6	9,5	7,5	6
6	8	d + 1	12	12	22	20	14,5				
8	10	d + 1	15	12	22	24	16,5				
10	12	d + 2	18	16	28	28	18,5				
12	15	d + 2	21	16	28	32	21,5	8	13,5	9,5	8
15	18	d + 3	25	22	35	36	23,5				
18	21	d + 3	29	22	35	42	26,5				
21	25	d + 3	34	28	35	48	29,5				
25	29	d + 3	39	28	42	54	32,5				
29	34	d + 4	45	28	42	61	36,5				
34	39	d + 4	52	35	50	68	40,5	10	17,5	11,5	10
39	45	d + 4	60	35	50	78	46				
45	52	d + 4	70	35	50	87	51				
52	60	d + 6	80	35	50	97	56				

p	q (H12)	s	t	v	x
4	4,2	6	10	2,5	8
6	6,2	8	14	3	10
8	8,2	10	18	5	12
10	10,2	12	22	7	15

CASQUILLOS CAMBIABLES Tipo M — NF E 21-002



TORNILLO TOPE — NF E 21-003



Ejemplos de designación dimensional:

- ■ Casquillo cambiable, tipo **M**, de diámetro **d** = 10, serie **B**
- – para taladro a derecha .... **Casquillo guía de taladro M 10 B, NF E 21-002**
- – para taladro a izquierda .... **Casquillo guía de taladro M 10 BG, NF E 21-002**
- ■ Tornillo tope de diámetro **p** = 6 .... **Tornillo tope p = 6, NF E 21-003**

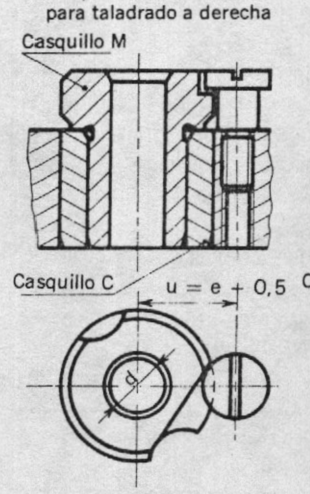
MATERIAL:
El mismo que para los casquillos fijos § 52.1.

EMPLEO:
Estos casquillos se montan en los casquillos fijos C. Se utilizan cuando sin desmontaje de la pieza:

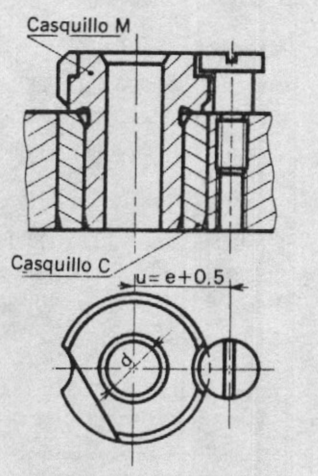
- ■ Se taladran sucesivamente agujeros coaxiales (barrenado, escariado, esmerilado). Los casquillos cambiables que guían las herramientas tienen evidentemente el mismo diámetro.
- ■ Se rosca con macho. Basta con retirar el casquillo cambiable; el macho se guía por el taladro.

Caso de varios agujeros idénticos:
Generalmente se utiliza un solo casquillo que se desplaza después de cada taladrado.

Casquillo cambiable móvil para taladrado a derecha



Casquillo cambiable bloqueado

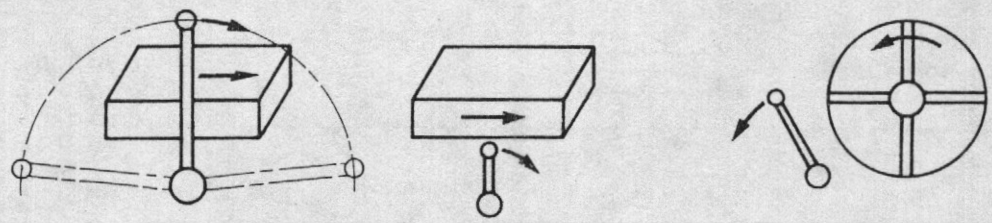


53 Sentido de la maniobra y símbolos en máquinas herramientas

53.1 Sentido de maniobra NF E 60-031

Esta normalización sólo afecta al sentido de maniobra de los elementos de accionamiento. No comprende las partes que giran siempre en el mismo sentido (motores eléctricos, por ejemplo). En cambio, se aplica tanto para el mando de movimientos que se realizan manualmente, como para los que ponen en marcha dispositivos automáticos.
Los ejemplos que siguen ilustran las principales reglas que conviene observar.

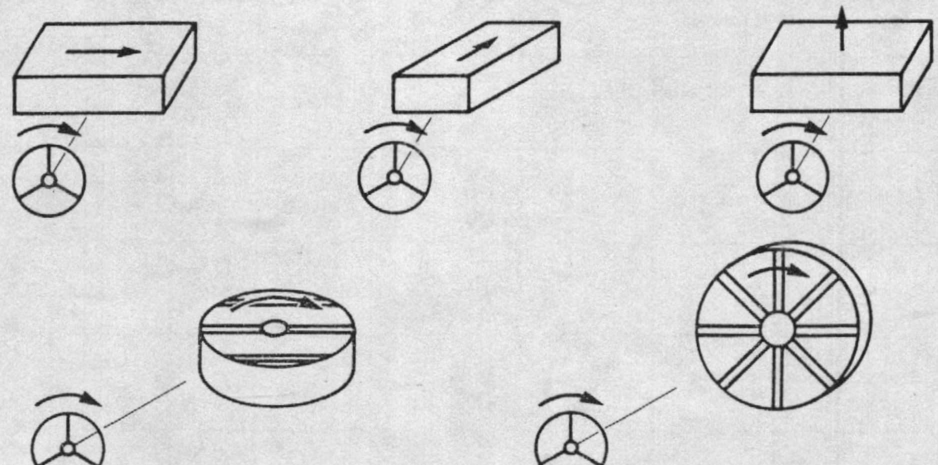
ACCIONAMIENTO POR PALANCA



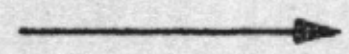
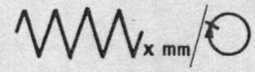
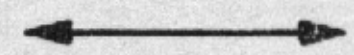
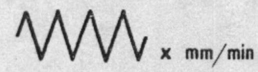
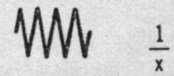
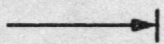
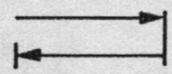
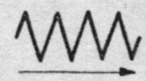
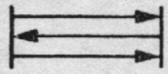
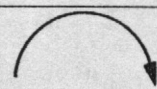
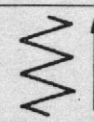
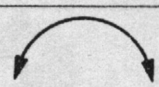
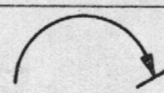
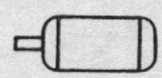
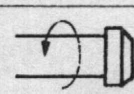
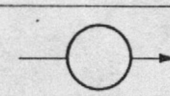
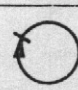
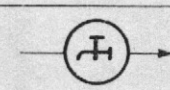
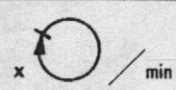
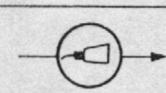
ACCIONAMIENTO POR PULSADORES

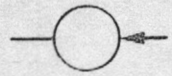
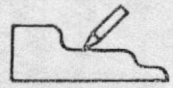
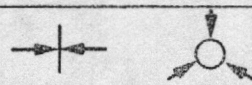
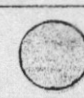
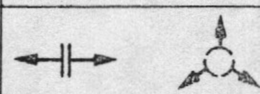
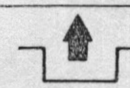
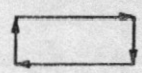
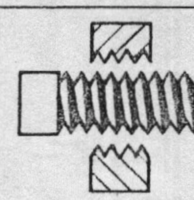
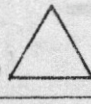
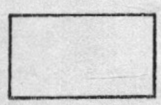
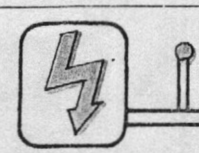
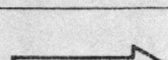


ACCIONAMIENTO POR VOLANTE



53■2 PRINCIPALES SIGNOS CONVENCIONALES (NF E 60-032)

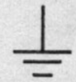
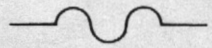
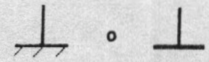
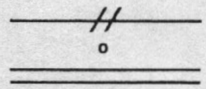
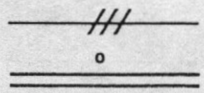
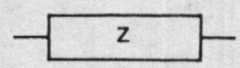
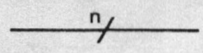
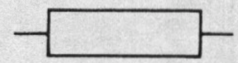
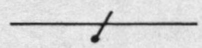
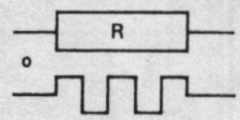
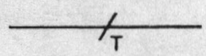
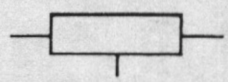
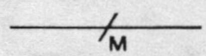
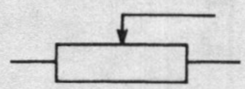
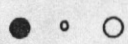
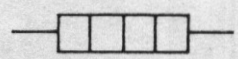
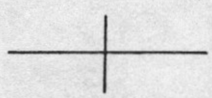
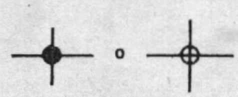
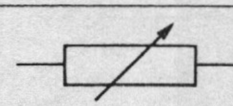
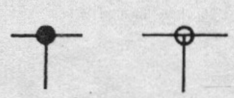
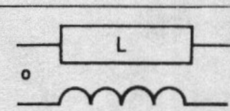
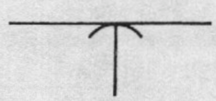
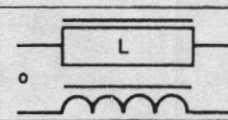
Sentido de movimiento rectilíneo continuo		Avance por vuelta (x = valor del avance)	
Movimiento rectilíneo en dos sentidos		Avance por minuto (x = valor del avance)	
Movimiento rectilíneo discontinuo		Avance lento (1/x = relación entre el avance reducido y el avance normal)	
Movimiento rectilíneo limitado		Avance rápido (x/1 = relación entre el avance rápido y el avance normal)	
Movimiento rectilíneo alternativo limitado. Doble recorrido		Avance longitudinal	
Movimiento rectilíneo alternativo limitado. Recorrido oscilante		Avance transversal	
Sentido de movimiento continuo de rotación		Avance vertical	
Rotación en dos sentidos		Desplazamiento rápido	
Sentido de movimiento de rotación discontinuo		Roscado	
Movimiento de rotación limitado		Aumento del valor (velocidad por ejemplo)	
Movimiento de rotación limitado en ambos sentidos. Doble recorrido		Disminución del valor (velocidad por ejemplo)	
Movimiento de rotación. Recorrido oscilante		Motor eléctrico	
Sentido de rotación de la brocha		Bomba (símbolo general)	
Una vuelta		Bomba de aspersión	
Número de vueltas por minuto (x = número de vueltas)		Bomba de engrase	
Avance		Bomba de transmisión hidráulica	

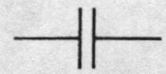
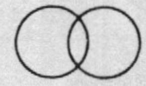
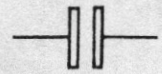
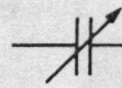
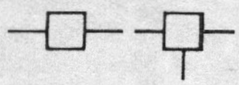
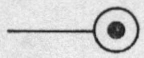
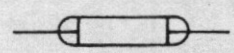
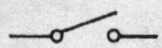
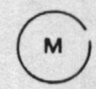
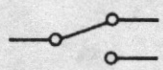
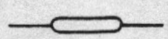
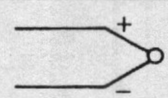
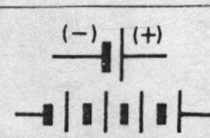
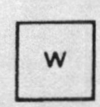
Motor hidráulico		Conectar (preferentemente de color verde)	
Dispositivo copiador		Desconectar (preferentemente en color rojo)	
Regulación sin escalones*		Conexión y desconexión con el mismo botón	
Regulable*		Conectado mientras se pulsa el botón	
Apretar, bloquear, presionar		Botón interruptor de emergencia	
Aflojar, debloquear		Embragado (conexión mecánica)	
Frenar		Desembragado (desconexión mecánica)	
Aflojar el freno		No cambiar de marcha más que estando parado	
Ciclo automático (o semiautomático)		No cambiar las velocidades más que estando en marcha	
Iluminación		Tuerca partida, abierta	
Mando manual			
COLORES DE SEGURIDAD NF X 08-003		**SÍMBOLOS DE SEGURIDAD**	
Prescripción: imperativo Paro	ROJO 	¡Atención tensión! (flecha, preferentemente de color rojo)	
¡Atención! Posibilidad de peligro	AMARILLO 	¡Atención! (símbolo, preferentemente de color naranja)	
Zona de seguridad, vía libre, equipamientos, salidas de socorro	VERDE 	Interruptor principal (flecha de color rojo y la empuñadura del interruptor igualmente en rojo)	
Indicación auxiliar	AZUL 		

*Se emplea conjuntamente con otro símbolo representando el elemento a regular.

54 Símbolos para esquemas eléctricos

NF C 03-101, 102, 200

Cable, o haz, o canalización o línea eléctrica		Tierra	
Cable o haz flexible		Masa	
Dos conductores		Devanado de máquina o de aparato	
Tres conductores		Impedancia	
n conductores	 o n trazos	Resistencia si no es necesario especificar si es reactiva o no	
Conductor neutro		Resistencia no reactiva	
Conductor a tierra		Resistencia potenciométrica fija	
Conductor a masa		Resistencia potenciométrica de contacto móvil	
Borne Conexión de cables		Elemento calefactor	
Cruce de dos conductores con conexión eléctrica		Elemento calefactor para tubos de vacío y aparatos de medida	
Cruce de dos conductores sin conexión eléctrica		Resistencia de variabilidad extrínseca, símbolo general	
Derivación		Inductora	
Contacto deslizante		Inductancia con núcleo ferromagnético	

Capacidad Condensador		Transformador con dos devanados separados entre sí (símbolo general)	
Condensador electrolítico no polarizado		Autotransformador	
Condensador variable (símbolo general)		Rectificador	
Aparatos de enlace (de conexión, de derivación, etc.)		Punto de luz (símbolo general)	
Toma de corriente (símbolo general)		Tubo fluorescente	
Interruptor (símbolo general)		Motor (símbolo general)	
Conmutador de dos posiciones		Motor de corriente alterna (símbolo general)	
Corta circuito por fusible (símbolo general)		Motor sincrónico (símbolo general)	
Disyuntor (símbolo general)		Par termoeléctrico	
Generador de corriente continua		Electrodo (símbolo general)	
Generador de corriente alterna		APARATOS DE MEDIDA	
Alternador sincrónico		Se indica la magnitud medida inscribiendo en el interior del símbolo la unidad de medida. Símbolos para aparatos: – indicadores: una circunferencia, – registradores: un cuadrado	
Elemento de pila o de acumulador Batería de pilas o de acumuladores			

55 Símbolos para aparatos neumáticos e hidráulicos

55■1 Accesorios para tuberías

SÍMBOLOS GENERALES NF E 04-051

Los símbolos generales son utilizados en los esquemas de procedimiento, pero son también adecuados para cualquier otro empleo siempre que se consideren suficientes.

SÍMBOLOS REGULARES

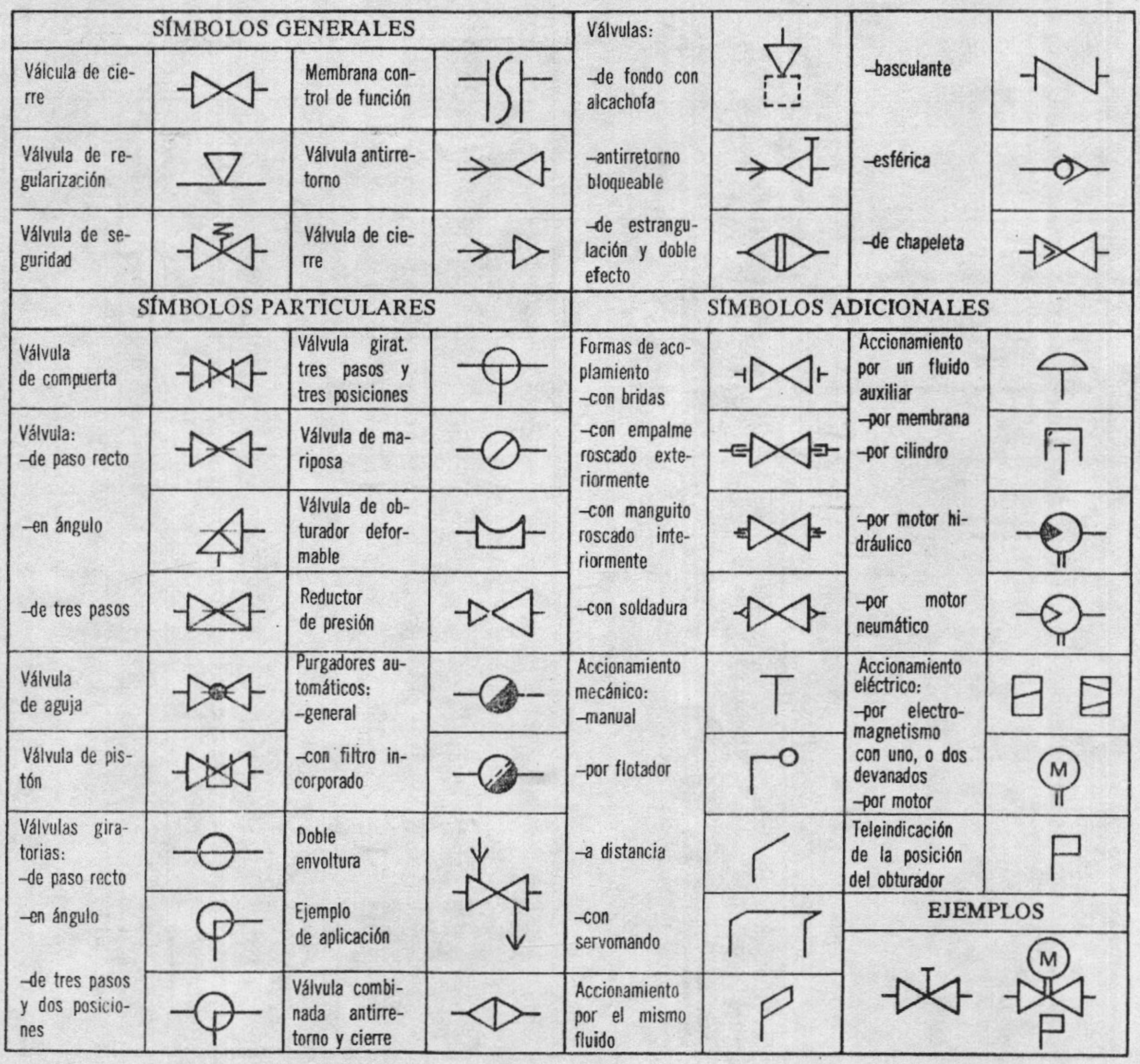
Sustituyen al símbolo general cuando se considera que éste no precisa lo suficiente, por ejemplo, en los esquemas de detalle.

SÍMBOLO COMPLEMENTARIOS DE EMPALME Y DE ACCIONAMIENTO

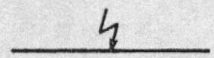
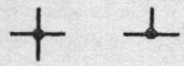
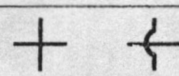
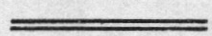
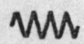
No se utilizan más que si es necesario representar en los dibujos:

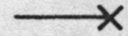
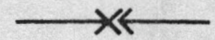
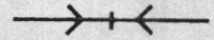
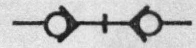
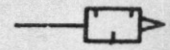
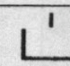
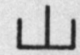
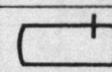
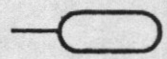
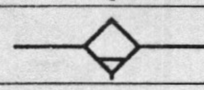
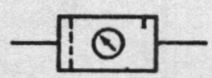
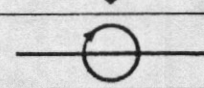
- la forma de conectar los aparatos con la tubería,
- la forma de accionar los aparatos.

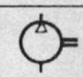
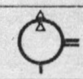
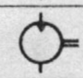
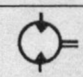
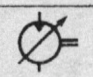
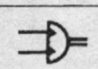
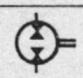
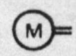
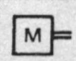
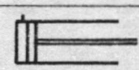
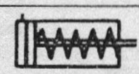
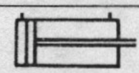
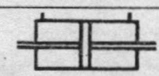
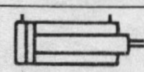
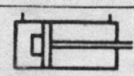
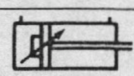
Indicar el sentido normal de circulación del fluido con la flecha, sobre el trazo representativo, o al lado de dicho trazo.

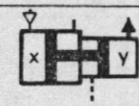
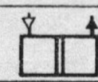
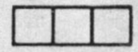
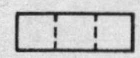
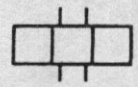
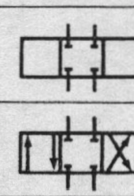
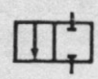
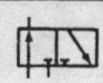
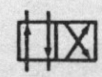
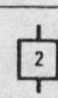
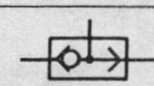
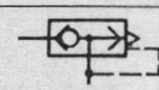


55.2 Aparatos hidromecánicos y neumáticos NF E 04-056

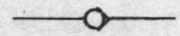
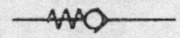
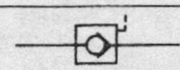
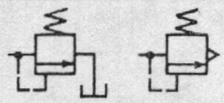
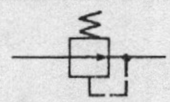
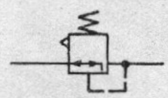
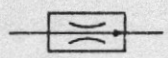
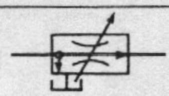
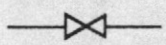
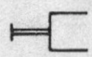
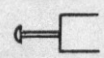
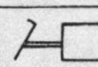
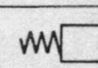
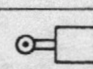
TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA Y ACONDICIONAMIENTO	
Conducto de trabajo, de retorno, de alimentación	
Conducto de mando	
Conducto de escape	
Conducto flexible	
Línea eléctrica	
Conexiones emplamadas	
Conexiones cruzadas	
Sentido de un flujo hidráulico	
Sentido de un flujo neumático	
Unión mecánica, ejes, vástagos de pistón	
Encuadre de varios elementos formando un solo bloqueo	
Sentido de desplazamiento	
Sentido de giro	
Posibilidad de regulación	
Purga de aire	
Fuente de presión	
Estrangulación: –sensible a la viscosidad	
–insensible a la viscosidad	
Muelle	

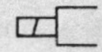
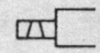
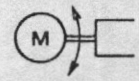
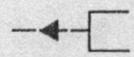
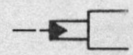
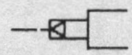
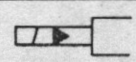
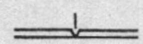
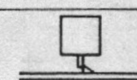
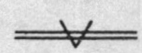
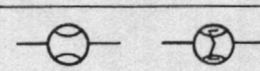
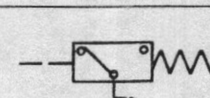
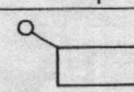
Conexión: –ciega	
–a presión	
Acoplamiento rápido sin válvula antirretorno	
Acoplamiento con dos válvulas antirretorno	
Silenciador	
Depósito al aire libre: –conducción vertiendo por encima del nivel del líquido	
–conducción vertiendo por debajo del nivel del líquido	
Recipiente a presión	
Acumulador	
Filtro, alcachofa	
Purga con mando normal	
Desecador	
Lubricador	
Grupo de acondicionamiento: filtro, regulador de presión con manómetro y lubricador (representación simplificada)	
Limitador de temperatura	
Enfriador	
Recalentador	
Acoplamiento rotativo –de una vía	
–de tres vías	

TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA		
Bomba hidráulica: –con un sentido de flujo		
–con dos sentidos de flujo		
Compresor neumático (sentido de giro único)		
Bomba de vacío		
Motor hidráulico –con un sentido de flujo		*
–con dos sentidos de flujo		*
Motor hidráulico regulable		*
Motor de giro limitado		*
Motor bomba en dos sentidos		
Motor eléctrico		
Motor de combustión interna		
Variador (bomba regulable)		
Cilindro de simple efecto: –de recuperación por fuerza exterior		
–de recuperación por muelle interior		
Cilindro de doble efecto: –de un sólo vástago		
–de doble vástago		
Cilindro diferencial		
Cilindro con amortiguador –fijo en un sentido		
–fijo en ambos sentidos		
–regulable en un sentido		

Multiplicador de presión: –de una sola clase de fluido	
–de dos clases de fluido	
Convertidor de presión aire-aceite	
DISTRIBUCIÓN	
■ El símbolo básico es una casilla cuadrada o una serie de ellas. El símbolo formado por varias casillas indica un aparato de tantas posiciones como casillas.	 
■ Si existe una posición intermedia de paso la casilla se limita por trazos.	
■ Los conductos conectan a la casilla de la posición de repaso.	
■ La obturación interna de un orificio se materializa por un trazo perpendicular al que representa la llegada de la conducción. ■ En el interior de las casillas las flechas indican el sentido de circulación entre los orificios.	
Designación: la primera cifra indica el número de orificios, y la segunda señala el número de posiciones distintas.	
Distribuidor 2/2	
Distribuidor 3/2	
Distribuidor 4/2	
Distribuidor 5/2	
Símbolo simplificado en caso de representación múltiple. El n.º remite a un dibujo detallado del símbolo.	
Selector del circuito	
Válvula de escape rápido	

* Triángulo relleno: flujo hidráulico; triángulo hueco: flujo neumático.

Válvula antirretorno: –sin muelle	
–con muelle	
–con mando para dejarla sin efecto	
–con regulación	
REGULACIÓN	
Limitador de presión (válvula de seguridad)	
Regulador de presión: –sin escape	
–con escape	
Regulador de caudal: –constante	
–variable con retorno al depósito (símbolos simplificados)	
Válvula de cierre (símbolo simplificado)	
MANDOS	
Manuales: –general (sin especificar el modo)	
–por pulsador	
–por palanca	
–por pedal	
Mecánicos: –por leva	
–por muelle	
–por pedal	

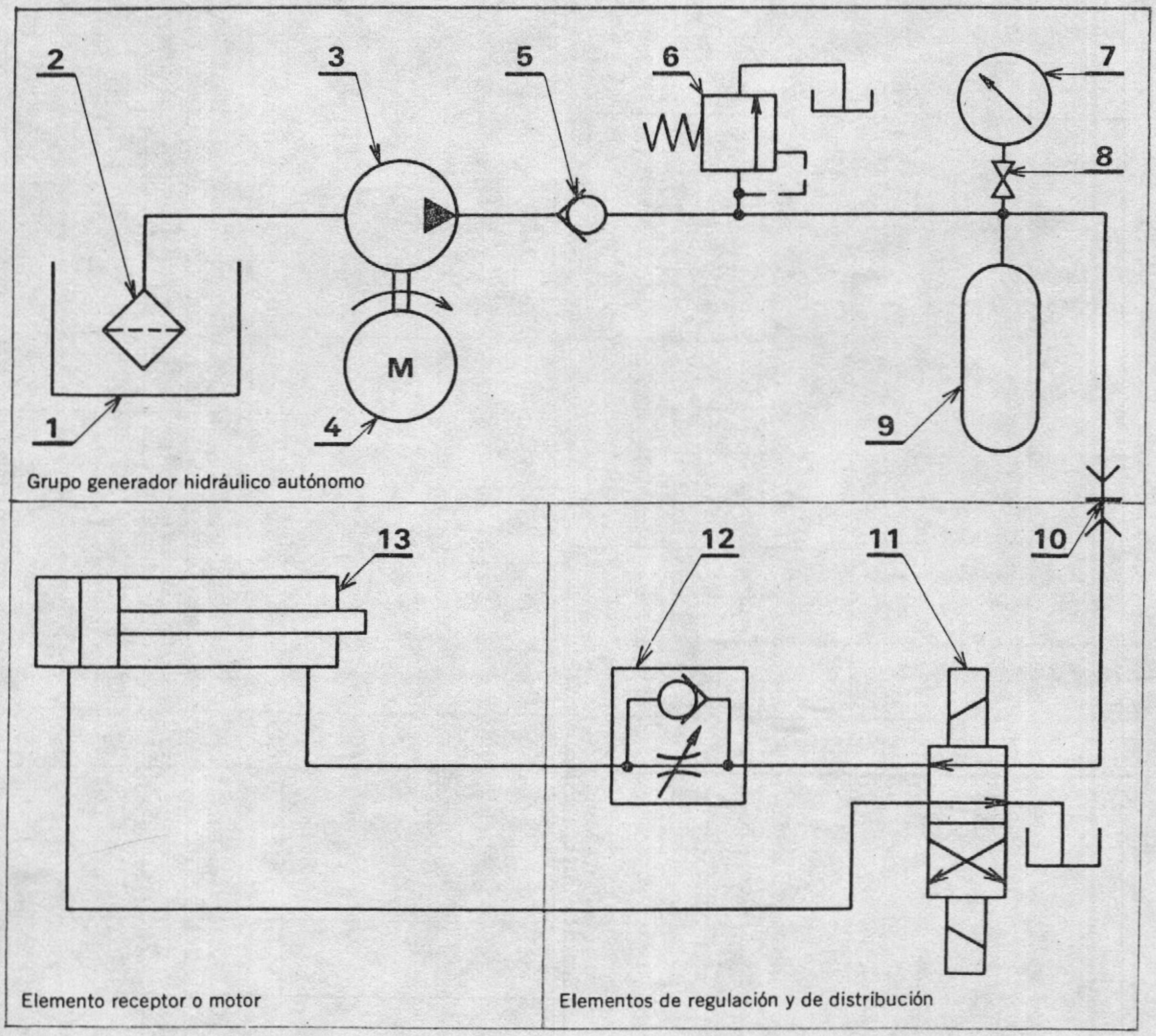
Eléctricos: –electromagnético con un sentido de accionamiento	
–electromagnético con dos arrollamientos actuando en sentido contrario	
–a motor	
Accionamiento directo: –a presión	 *
–a depresión	 *
Accionamiento indirecto por distribuidor piloto accionado: –a presión	 *
–a depresión	 *
Accionamiento combinado: –por electro-imán y servopiloto,	 *
–por electro-imán o servopiloto.	 *
Dispositivo de enclavamiento	
Dispositivo de bloqueo (el símbolo de desbloqueo se indica en la casilla)	
Mecanismo posicionador para pasar de una posición neutra a una de trabajo	
APARATOS COMPLEMENTARIOS	
Manómetros (posición de conexión indiferente)	
Manómetro diferencial	
Termómetro	
Medidor de caudal	
Contacto eléctrico por presión	
Contacto eléctrico de fin de carrera (no normalizado)	

*Triángulo relleno: flujo hidráulico, triángulo hueco: flujo neumático.

OBSERVACIONES:

- Los símbolos que preceden pueden ser combinados de muy diversas maneras. Así, es posible representar esquemáticamente cualquier aparato hidráulico o neumático.
- En principio, cada constructor da en sus catálogos los símbolos de los aparatos que él comercializa.
- **En los esquemas de conjunto, los aparatos se representan normalmente en posición de resposo.**

EJEMPLO DE APLICACIÓN



		7	Manómetro
13	Pistón de doble efecto y un solo vástago	6	Limitador de presión
12	Válvula antirretorno con regulación	5	Válvula antirretorno
11	Distribuidor 42 accionado por electroimán	4	Motor eléctrico
10	Acoplamiento rápido	3	Bomba hidráulica con un sentido de flujo
9	Acumulador	2	Filtro
8	LLave de paso	1	Depósito Abierto
MARCA	DESIGNACIÓN	MARCA	DESIGNACIÓN

56 Designación de los metales y aleaciones

56■1 Fundiciones NF A 32-101 NF A 32-811

56■11 Fundiciones grises no aleadas

Se designan por el símbolo Ft seguido del valor en hectobars de la resistencia mínima a la tracción. Ejemplo: **Ft 20.**

Principales tipos				
	Ft 10	Ft 15	Ft 20	Ft 25
	Ft 30	Ft 35	Ft 40	—

OBSERVACIONES:

■ A partir de Ft 25 la mecanización resulta difícil.

■ Las fundiciones grises ordinarias sin requisito de resistencia se designan simplemente por: **fundición.**

56■12 Fundiciones maleables Fundición de grafito esferoidal

Se designan por un símbolo (MB, MN, MP ó FGS) seguido del valor en hectobars de la resistencia mínima a la tracción y del porcentaje del valor al alargamiento después de la rotura. Ejemplo: **MB 40-10.**

Tipo	Re mín.	Tipo	Re mín.	Tipo	Re mín.
MB 35-7	22	MP 50-5	33	FGS 38-15	24
MB 40-10	25	MP 60-3	40	FGS 42-12	28
MN 32-8	21	MP 70-2	50	FGS 50-7	35
MN 35-10	23	–	–	FGS 60-2	40
MN 38-18	25	–	–	FGS 70-2	46

56■2 Aceros NF A 02-005, NF A 32-051, NF A 33-101, NF A 35-501, NF A 35-551

56■21 Aceros no aleados

56■211 Aceros de uso corriente

Se designan por una letra y un número.

■ Cuando se emplea la letra A, el número que sigue indica la resistencia mínima a la tracción expresada en daN/mm². Ejemplo: **A 34.**

■ Cuando se emplea la letra E el número que sigue indica el límite de elasticidad mínimo expresado en daN-/mm². Ejemplo: **E 24.**

Tipo	Re mín.	Tipo	Re mín.
A 33	18	E 36 (A 52) *	36
A 34 (1)	17	A 50 *	30
E 24 (A 37) *	24	A 60 *	34
E 26 (A 42) *	26	A 70 *	37
E 30 (A 47) * (1)	30	–	–

(1) No existe en chapas de espesor inferior a 3 mm.

56■212 Aceros moldeados

La designación se compone de la letra E seguida:

■ de un primer número que indica el límite de elasticidad mínimo expresado en daN/mm²,

■ de un segundo número que da la resistencia mínima a la tracción expresada en daN/mm²,

■ de la letra M que indica que se trata de productos moldeados. Ejemplo: **E 23-45-M.**

Tipo	E 20-40-M	E 23-45-M*	E 26-52-M	E 30-57-M

* Tipo corrientemente utilizado.

56■213 Aceros forjados

La designación se compone de las letras AF seguidas del valor en daN/mm² de la resistencia mínima a la tracción. Ejemplo: **AF 42.**

Tipo	AF 37	AF 42	AF 50	AF 60	AF 70

56■214 Aceros para tratamiento térmico

Se distinguen dos series: C y XC. Los aceros XC aseguran una mayor uniformidad en el resultado de los tratamientos térmicos.

■ El número entero que sigue al grupo de letras es igual a 100 veces el porcentaje del contenido de carbono.

■ Se añaden eventualmente las letras S para una garantía de soldabilidad, y TS para una garantía de temple superficial. Ejemplos: **XC 18, XC 18 S, XC 42 TS.**

Tipo	Normalizado	R mín.	Re mín.	Temple	Revenido	R mín.	Re mín.
CC 10	900°	34	21,5	Eau 900'	200°	54	34,5
CC 20	880°	41	27,5	Eau 880'	550°	54	35,5
CC 35	850°	55	31,5	Eau 850'	550°	74	56
CC45	845°	62	34,5	Eau 830'	550°	86	68,5
XC 10*	900°	34	21,5	Eau 900'	200°	54	34,5
XC 12*	900°	37	23,5	Eau 900'	200°	73	49,5
XC 18*	875°	41	25,5	Eau 880'	200°	88	63,5
XC 25*	860°	47	28,5	Eau 850'	550°	61	44
XC 32	850°	55	31,5	Eau 850'	550°	74	56
XC 38*	850°	58	33.5	Eau 850'	550°	80	61,5

Tipo (continuación)	Normalizado	R min	Re min	Temple	Revenido	R min	Re min
XC 42 *	840°	63	35,5	Agua 830°	550°	86	68,5
XC 48*	840°	67	37	Aceite 830°	550°	83	66,5
XC 55	830°	73	43	Aceite 830°	550°	93	70,5
XC 65*	810°	82	45	Aceite 830°	HRC ⩾ 58		
XC 70	810°	88	48	Aceite 820°	HRC ⩾ 59		
XC 80*	810°	95	50	Aceite 810°	HRC ⩾ 60		

R = resistencia mínima a la tracción (daN/mm²).
Re = límite mínimo aparente de elasticidad (daN/mm²).

56■22 Aceros aleados

Elemento de adición	Símbolo químico	Símbolo abreviado	Elemento de adición	Símbolo químico	Símbolo abreviado
Aluminio	Al	A	Níquel	Ni	N
Boro	B	B	Niobio	Nb	Nb
Cromo	Cr	C	Plomo	Pb	Pb
Cobalto	Co	K	Silicio	Si	S
Cobre	Cu	U	Azufre	S	F
Magnesio	Mg	G	Titanio	Ti	T
Manganeso	Mn	M	Wolframio	W	W
Molibdeno	Mo	D	Vanadio	V	V

56■221 Aceros débilmente aleados

Ningún elemento de adición alcanza un 5%.

La designación comprende, y por este orden:

- Un número entero, igual al contenido medio de carbono, en porcentaje, multiplicado por 100;
- Una letra o una serie de letras simbolizando los principales elementos de adición clasificados en orden decreciente del contenido.
- Un número indicando el contenido del elemento de adición principal. **Este valor se multiplica por 4 para los elementos C, K, M, N, S y por 10 para los otros elementos;**
- Eventualmente otro número indicando el contenido del elemento de adición siguiente.

Ejemplo: **35 NCD 16** (0,35% de carbono – 4% de níquel).

56■222 Aceros fuertemente aleados

Un elemento de adición alcanza por lo menos un contenido del 5%.

La designación comprende, y por este orden:

- la letra Z;
- Un número entero, igual al contenido medio de carbono, en porcentaje, multiplicado por 100;
- Una letra o una serie de letras, símbolos de los principales elementos de adición, clasificados en orden decreciente del contenido;
- Un número indicando el contenido en porcentaje del elemento de adición multiplicado por 100;
- Eventualmente un número indicando el contenido en porcentaje del elemento de adición siguiente multiplicado por 100.

Ejemplo: **Z 30 C 13** (0,30% de carbono – 13% de cromo).

Tipo *	Tratamiento normal		Tipo *	Tratamiento normal	
	R mín	R mín		R mín	R mín
20 M 5	64	49	14 NC 11	108	83,5
Z 120 M 12	88	31,5	16 NC 6	108	83
16 MC 5	108	83,5	20 NC 6	123	98
20 MC 5	123	98	30 NC 11	93	78,5
45 SCD 6	157	137	18 NCD 6	113	88
55 S 7	137	117,5	20 NCD 2	118	93
38 C4	98	78,5	35 NCD 6	108	93
42 C 4	103	83,5	35 NCD 16	171	127,5
100 C 6	HRC	⩾ 62	10 F 1	34	22,5
18 CD 4	113	88	13 MF 4	37	25
25 CD 4	93	78,5	35 MF 6	64	39
35 CD 4	108	93	Z 8 C 17	44	27,5
40 CAD 6-12	108	88	Z 30 C 13	HRC.	⩾ 51
42 CD 4	118	103	Z 2 CN 18-10	46	17,5
30 CD 12	108	88	Z 6 CN 18-09	51	19,5
50 CV 4	118	108	Z 6 CND 17-11	51	20,5
30 CND 8	152	117,5	Z 6 CNT 18-11	49	19,5
10 NC 6	83	61,5	Z 8 CNDT 17-12	54	21,5

Equivalencia aproximada entre la dureza y la resistencia a la tracción p. 317.

56■23 CLASIFICACIÓN POR USOS*

Acero dulce	Acero muy duro	Nitruración	Inoxidable
10 F 1	100 C 6	30 CD 12	Z 8 C 17
E 24	Acero de resortes	40 CAD 6-12	Z 2 CN 18-10
XC 10	XC 65	Soldadura	Z 6 CN 18-09
XC 18	55 S 7	E 24	Z 6 CND 17-11
Acero semiduro	45 SCD 6	E 26	Decolletaje
XC 38	50 CV 4	XC 18 S	E 24 Pb
XC 42	Trempe superficial	25 CD 4 S	A 50 Pb
XC 48	XC 42 TS	Z 6 CN 18-09	10 F 1
Acero duro	Cementación	Choques	13 MF 4
XC 65	XC 10	20 NC 6	35 MF 6
XC 80	XC 18	14 NC 11	Plegado en frío
38 C 4	XC 25	30 NC 11	A 33 (tôle)
35 CD 4	20 M 5	Laminado en frío	E 24
42 CD 4	16 MC 5	Z 120 M 12	E 26
35 NCD 16	18 CD 4	Acero refractario	E 30
50 CV 4	10 NC 6	Z 30 C 13	E 36

* Tipos de uso corriente

56■3 Metales y aleaciones no férreas NF A 2-004

Esta designación no se aplica al cobre ni a sus aleaciones ni a los aluminios y sus aleaciones cuando están roscados, estirados, laminados o forjados. Se aplica en particular a los aluminios y a las aleaciones fundidas de aluminio.

56■31 Metal no aleado

La designación se compone del símbolo abreviado del metal básico seguido del índice de pureza representado por un número (de 0 a 99) cuyo valor aumenta cuando crece la pureza. Ejemplo: **A 5** (aluminio a 99,5%).

56■32 Aleaciones

La designación se compone de **dos grupos de cifras y letras.**

El primer grupo comprende: El símbolo abreviado del metal básico (tabla § 52.22), seguido eventualmente del índice de pureza química.

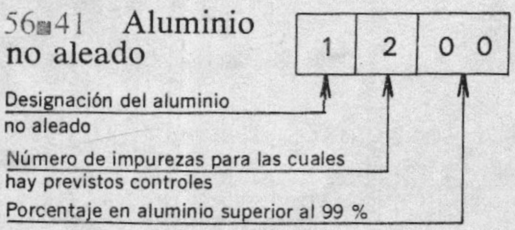
El segundo grupo, separado del primero por un guión, comprende: los símbolos que representan los elementos de adición, y eventualmente su porcentaje.

Ejemplo: **A – S 10 G** (aleación de aluminio – 10% de silicio – adición de magnesio).

ALUMINIO Y ALEACIONES FUNDIDAS DE ALUMINIO					
Tipo*	**Estado**		**R mín**	**Re mín**	**Aplicaciones**
A 5	Fundido en coquilla	Y 30	8	3,5	Aparatos domésticos. Materiales eléctricos.
A–U 5 GT		Y 34	33	20	Se moldea bien. Se mecaniza bien. No utilizar en ambiente salino.
A–S 10 G		Y 33	25	18	Se moldea bien. Se mecaniza y suelda bien. Adecuado para ambiente salino.
A–S13		Y 30	17	8	Se moldea y se suelda muy bien. El alto contenido en silicio hace difícil el mecanizado.
A–G 6		Y 30	18	10	Muy apto para el mecanizado, la soldadura y el pulido. Resiste bien el ambiente salino.
ALEACIONES DE CINC					
Z – A 4 G (Zamak 3)	Fundido por gravedad	Y 20 ou Y 30	26	25	Aleación para fundición o presión: carburadores, poleas, varios tipos de cárters, etc.
Kayem 1			23	–	Aleaciones para obtener por fundición utillajes de prensa (estampado, doblado embutido y de moldes para materiales plásticos).
Kayem 2			19	–	

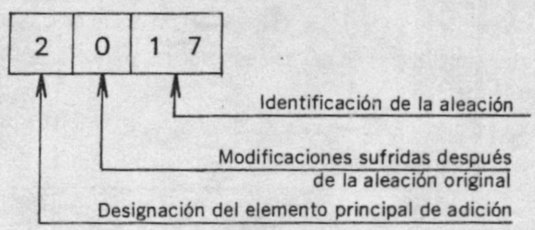
56■4 Aluminio y aleación de aluminio (roscado, estirado, laminado o forjado) NF A 02-104

56■41 Aluminio no aleado



OBSERVACIÓN: Para evitar una posible confusión con otra designación numérica puede ser útil poner el prefijo **33** delante de estas designaciones.

56■42 Aleaciones de aluminio



2: cobre **3:** manganeso **4:** silicio **5:** magnesio **6:** magnesio y silicio **7:** cinc **8:** otros elementos

ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO (ROSCADAS, ESTIRADAS, LAMINADAS O FORJADAS)						
Tipo*	**Estado**		**R mín**	**Re mín**	**Aplicaciones**	
	Recocido.	0	6,5	–	Materiales para la industria química y alimentaria. Materiales electrodomésticos - calderería.	Buena resistencia a los agentes atmosféricos y al ambiente salino.
1050 (A 5)	1/2 duro	H 14	10	7,5		
5754 (A–G 3)	1/4 duro	H 32	22	13	Piezas de calderería: tanques, conductos, tubos, etc., tuberías.	Buena soldabilidad.
5086 (A–G 4)	1/2 duro	H 24	31	23		
2017 (A–U 4 G)	Tem. mado	T 4	39	24	Piezas mecanizadas y forjadas.	Evitar utilizarlas en ambiente salino.
7075 (A–Z 5 GU)	Tem. rev.	T 6	52	44	Piezas mecanizadas y forjadas de elevadas características mecánicas.	Se sueldan con dificultad.
7049 (A–Z 8 GU)	Tem. rev.	T 6	60	56		

* Tipos corrientemente utilizados.

56■5 Cobre y aleaciones de cobre

NF A 02-009

La designación del cobre y de sus aleaciones se hace mediante el símbolo químico del metal básico (Cu), seguido eventualmente, del índice de pureza química al que se asocian, en el caso de una aleación, los símbolos químicos de los elementos de adición seguidos de números indicativos de los porcentajes nominales de los mismos.

Ejemplo: **Cu Zn 39 Pb 2** (Aleación de cobre – 39% de cinc – 2% de plomo).

COBRE Y ALEACIONES DE COBRE				
Tipos *	**Estado**	**R mín**	**Re mín**	**Aplicaciones**
Cu/a2	Recocido	23	7	Material de muy buena conductibilidad eléctrica, es particularmente adecuado para cables devanados y contactos.
cobre refinado	Def. en frío	35	30	
Cu Pb 1	Def. en frío	35	30	Utilizado en «decolletage». Conductibilidad eléctrica y térmica muy elevada.
Cu Sn 8 P (bronce)	4/4 duro	49	39	Material de fricción para casquillos, manguitos camisas, segmentos.
Cu Sn Pb Zn	Moldeado	–	–	Piezas moldeadas sin características específicas.
Cu Sn 7 Zn 5 Pb 4	Moldeado	21	–	Grifería corriente.
Cu Sn 12 Zn 1 P	Moldeado	20	–	Construcción mecánica, grifería a presión.
	Def. en frío	29	16	Piezas de desgaste: piñones y ruedas de engranajes, tuercas.
Cu Be2 (cobre al berilio)	Temp. rev.	140	135	Resortes (materiales eléctricos, materiales resistentes a la corrosión)
Cu Zn 15 (latón)	3/4 duro	40	–	Aleación forjada en frío, se pule bien y es adecuada para revestimientos electrolíticos
Cu Zn 33 Al 5	Moldeado	49	24	Piezas fundidas en arena
	Recocido	30	–	Embutición
	Def. en frío	59	27	Construcción mecánica en general y piezas estampadas en chapas. Se pule bien.
Cu Zn 39 Pb 2	1/2 duro	40	20	La aleación más utilizada para la mayor parte de piezas tronzadas. Muy apta para mecanizar.
Cu Ni 26 Zn 17 (alpaca)	1/2 duro	50	40	Resistencias eléctricas. Materiales de precisión. Muelles.
Cu Al 10 Ni 5 Fe 4	Moldeado	60	25	Piezas que deben resistir a la corrosión (agentes atmosféricos, agua del mar). Inoxidables en caliente. Piezas mecánicas diversas (compresores, bombas, etc.).
(cuproaluminio)	Bat. en frío	69	32	
Cu Ni 3 Si	En bruto	40	14	Piezas sometidas a rozamiento bajo fuertes cargas, con choques eventuales.
(cuprosilicio)	1/2 duro	55	35	

56■6 Estados de suministro

Esta normalización se refiere a los metales y aleaciones no férreas.

Los estados de suministro se designan por una letra seguida de números.

Ejemplos:

Y 23: Pieza moldeada fundida en arena, templada y revenida.

H 32: Pieza laminada o forjada endurecida en frío 1/4 de dureza y estabilizada.

MATERIALES MOLDEADOS NF A 02-002			
Sin especificar	Y 0	Sin tratar	0
Lingote	Y 1	Recocido	1
Fundición en arena	Y 2	Templado	2
Fundición en coquilla	Y 3	Templado y revenido	3
Fundición a presión	Y 4	Templado y madurado	4
Sintetizado	Y 5	Estabilizado	5
	Y 6	Templado y estabilizado	6
Colada contigua	Y 7		7
Centrifugación	Y 8		8
Según prescripciones	Y 9	Según prescripciones	9
Subdivisión del estado T			
Cobre y aleaciones de cobre – Níquel y aleaciones de níquel			
Enfriamiento controlado	TA	TA y deformación en frío	TC
Solución y temple	TB	TB y deformación en frío	TD

MATERIALES FORJADOS NF A 02-006, NF A 02-008			
Tratamientos básicos			
En bruto	F	Deformado en frío	H
Recocido total	0	Tratamiento térmico	T
Subdivisiones del estado H			
Estado	**Deformación en frío**	**Deformación en frío y recocido parcial**	**Deformación en frío y estabilizado**
1/4 duro	H 12	H 22	H 32
1/2 duro	H 14	H 24	H 34
3/4 duro	H 16	H 26	H 36
4/4 duro	H 18	H 28	H 38
Extraduro	H 19	H 29	H 39

Aluminio y aleaciones de aluminio			
Temp., def. en frío y mad. nat.	T 3	Temple y maduración artificial	T 6
Temple y maduración natural	T 4	Temple deformación en frío	T 8
Maduración artificial solamente	T 5	Madur. artificial y def. en frío 10	T 10

* Tipos utilizados constantemente.

57 Principales materias plásticas

Para el usuario, las materias plásticas se clasifican en dos grandes categorías.

LOS TERMOPLÁSTICOS

Bajo la acción del calor llegan a una fase pastosa (o a una fusión). Una vez solidificado el material vuelve a su estado inicial. Su comportamiento térmico es comparable al de los metales.

LOS TERMOENDURECIBLES

Bajo la acción del calor llegan a una fase pastosa (temperatura de inyección en el molde) experimentando luego una transformación química irreversible que endurece definitivamente la materia (es posible el desmoldeo en caliente). Su comportamiento térmico es comparable al de la arcilla que endurece bajo la acción del calor.

	Productos	Resistencia mínima a la ruptura en hbar Tracción	Compresión	Módulo de elasticidad a tracción	Temperatura continuada máxima	Transmisión luminosa*	Posibilidades de moldeo	Posibilidades de mecanización
TERMOPLÁSTICOS	Acetato de celulosa (Rhodoïd)	3.2 (Valores para presentación en láminas)	12.6	210	60°	Tr a Op	Muy buenas	Buenas
	Nitrato de celulosa (celuloide)	4.9	15.4	133	60°	Tr a Op	Buenas	Muy buenas
	Polimetilmetacrilato (Pexiglás)	4.9 (Material moldeado)	8.4	315	70°	Tr 90 %	Muy buenas	Muy buenas
	Poliamida tipo 6 (Nylon-Technyl)	4.9	5	183	130°	Tr a Op	Muy buenas	Muy buenas
	Poliamida tipo 11 (Rilsan)	4.8	6	60	—	Tr a Op	Muy buenas	Muy buenas
	Policarbonato (Makrolon)	6.3	7.7	119	120°	Tr	Bastante buenas	
	Polietileno alta densidad	2.5	1.7	56	120°	Tr a Op	Muy buenas	Muy buenas
	Polietileno baja densidad	0.7	—	13.3	100°	Tr a Op	Muy buenas	Buenas
	Politetrafluoretileno (teflon)	1.1	7.7	40	260°	Op	—	Muy buenas
	Poliformaldehído (Delrin)	7	12.6	287	85°	Tr a Op	Buenas	Muy buenas
	Polipropileno	3	6	91	135°	Tr a Op	Muy buenas	Muy buenas
	Poliestireno normal	3.5	8	280	66°	Tr	Muy buenas	Mediocres
	Poliestireno resistente a los choques	2.8	2.8	210	60°	Tr a Op	Muy buenas	Buenas
	Policloruro de vinilo rígido	3.5	5.6	245	50°	Tr a Op	Mediocres	Muy buenas
	Policloruro de vinilo flexible	1.05	0.63	—	65°	Tr a Op	Buenas	—
TERMO-ENDURECIBLES	Fenoplástico P21	2.5	15.4	560	—	Op	Muy buenas	Buenas
	Epoxyde (Araldite)	2.8	10.5	315	120°	Tl	—	Buenas
	Poliester reforzado con fibra de vidrio	—	14	1 400	—	Op	Muy buenas	Mediocres
	Poliuretano (Rilsmones)	Espumas, material termoplástico o termoendurecible de características variables						
	Silicona conteniendo fibra de vidrio	2.8	7	—	320°	Op	Buenas	Mediocres

* Tr = Transparente Tl = Translúcido Op = Opaco

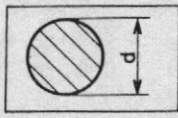
Según el «Centre d'études des matèries plastiques».

58 Principales formas y dimensiones de los materiales

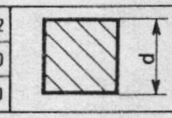
58■1 Aceros laminados en caliente*

Longitud normal: alrededor de 6 metros

58■11 Redondos y cuadrados NF A 45- 003, 004



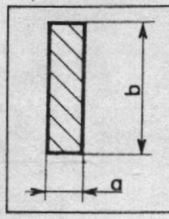
10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32
35	38	40	42	45	50	52	55	60	63	65	70
75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130



10	12	14	16	18	20	22	25	28
30	32	35	40	45	50	55	60	70
80	90	100	110	120	130	140	150	160

Ejemplo de designación: Redondo 32, NF A 45-003

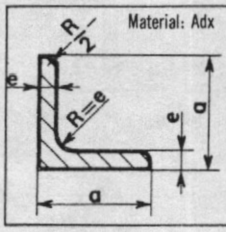
58■12 LLantas NF A 45-005



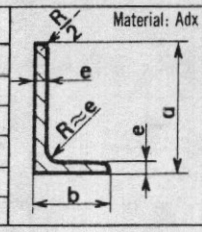
grueso a	3		4		5		6		8		10		12
longitudes b	10 a 30		10 a 80		10 a 120		12 a 150		12 a 150		16 a 150		20 a 150
grueso a	15		20		25		30		40		50		–
longitudes b	20 a 150		30 a 150		35 a 150		50 a 150		60 a 150		70 a 150		–
longitudes b	10	12	14	16	18	20	22	25	30	35	40	45	50
normalizadas	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140	150

Ejemplo de designación: Llanta 60 × 15, NF A 45-005

58■13 Angulares de cantos redondeados NF A 45-009, 010



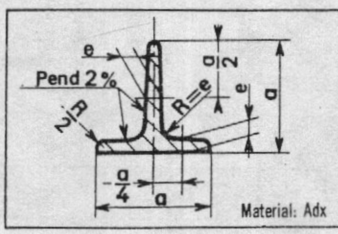
a	e	a	e
20	3-4	50	4-5-6-7-8
25	3-4-5	60	5-6-8-10
30	3-4-5	70	6-7-8-10
35	3-4-5	80	8-10-12
40	4-5-6	90	8-9-10-12
45	4-5-6	100	8-10-12-15



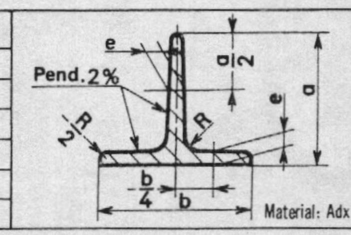
a × b	e	a × b	e
30 × 20	3-4-5	60 × 30	5-6
35 × 20	3,5	60 × 40	5-6-7
40 × 20	3-4-5	65 × 50	5-6-7-8
40 × 25	4-5	70 × 50	5-6-7-8
45 × 30	4-5	75 × 50	5-6-7-8
50 × 30	4-5-6	80 × 40	5-6-7-8

Ejemplo de designación: Angular 50 × 50 × 5 NF A 45-009

58■14 Perfiles en T NF A 45-008



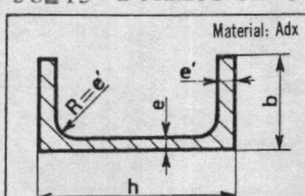
a	e	a	e
20	3	50	6
25	3,5	60	7
30	4	70	8
35	4,5	80	9
40	5	100	11
45	5,5	120	13



a	b	e	R
30	35	4	4
35	40	4,5	4
40	45	5	5

Ejemplo de designación: Perfil en T 40 × 40, NF A 45-008

58■15 Perfiles en U* NF A 45-255

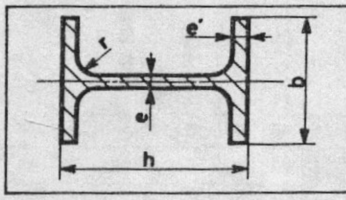


SERIE NORMAL												SERIE LIGERA							
h	b	e	e'	h	b	e	e'	h	b	e	e'	h	b	e	e'	h	b	e	e'
80	45	5	8	175	70	7,5	10,7	270	95	9	14,5	130	30	4,5	6,3	270	75	5,6	9,5
100	50	5,5	8,5	200	75	8	11,5	300	100	9,5	16	175	55	4,7	7,1	270	77	7,6	9,5
130	55	6	9,5	220	80	8	12,5	—				200	65	5	7	320	85	7	11
150	65	7	10,2	250	85	9	13,5	—				250	50	6,5	8	320	87,5	9,5	11

* Alas de caras paralelas.

Ejemplo de designación: U 200 × 75, NF A 45-255

58■16 Viguetas doble T NF A 45-205

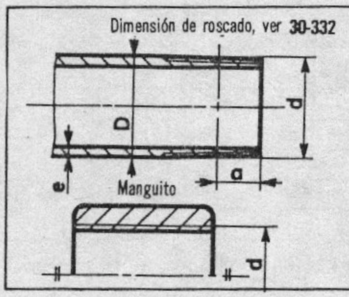


h	b	e	e'	r	h	b	e	e'	r	h	b	e	e'	r
80	46	3,8	5,2	5	180	91	5,3	8	9	300	150	7,1	10,7	15
100	55	4,1	5,7	7	200	100	5,6	8,5	12	330	160	7,5	11,5	18
120	64	4,4	6,3	7	220	110	5,9	9,2	12	360	170	8	12,7	18
140	73	4,7	6,9	7	240	120	6,2	9,8	15	400	180	8,6	13,5	21
160	82	5	7,4	9	270	135	6,6	12,2	15	450	190	9,4	14,6	21

Ejemplo de designación: sobre T 240, NF A 45-205

58■17 Tubos «Gas» NF E 29-025, 026, 027

Longitud normal de los tubos gas: 4 m. a 7,5 m.



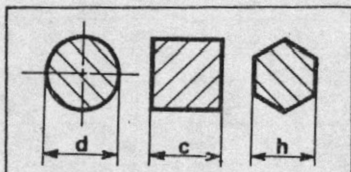
Denominación			1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
D aproximado			10,2	13,5	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9	101,6	114,3
Serie	Ligera	e_1	1,80	2	2	2,35	2,35	2,90	2,90	2,90	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65
	Media	e_2	2	2,35	2,35	2,65	2,65	3,25	3,25	3,25	3,65	3,65	4,05	4,05	4,5
	Fuerte	e_3	2,65	2,9	2,9	3,25	3,25	4,05	4,05	4,05	4,5	4,5	4,85	4,85	5,4
Antigua denominación			5-10	8-13	12-17	15-21	20-27	26-34	33-42	40-49	50-60	66-76	80-90	90-102	102-114

Ejemplo de designación: tubo gas 1 1/4, serie media sin soldadura, galvanizado, roscado y con manguito.

58■2 Aceros estirados en frío

58■21 Redondos, cuadrados y hexagonales NF A 47-411, 412, 413

Longitudes usuales: 3 m. a 3,5 m.



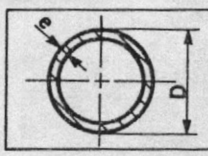
Materiales usuales: E 24 - A 60

d	2	2,2	2,5	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10
(h11)	11	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56
c	2	2,2	2,5	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10
(h10)	11	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	50	–	–
h	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	12	14	16	17	19	21
(h 11)	23	26	29	32	35	38	42	46	50	54	58	63	67	–	–

Ejemplo de designación: Redondo de 18 h 11, NF A 47-411

58■22 Tubos circulares sin soldadura NF A 48-003

Longitudes: 3,5 m. a 7 m.



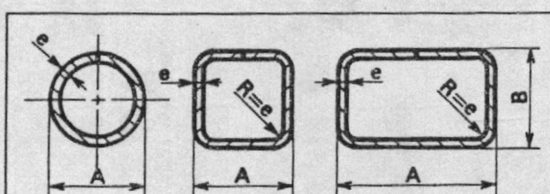
D	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100
e	0,5 a 1	0,5 a 1	0,5 a 1	0,5 a 2	0,5 a 2,5	0,5 a 3	0,5 a 3	0,5 a 4	0,5 a 4	0,5 a 5	0,5 a 5	0,5 a 5	0,5 a 5	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1 a 5	1,5 a 5	1,5 a 5	1,5 a 5	1,5 a 5	1.5 a 5	1.5 a 5

Gruesos y normalizados:	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5

Ejemplo de designación: Redondo sin soldadura estirado en frío de 25-2, NF A 48-003

58■23 Tubos soldados circulares, cuadrados, rectangulares R 990-80

Longitudes alrededor de 6 m.



Espesores normalizados	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4

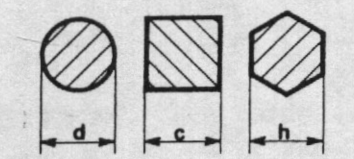
A	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
B	6	8	6	8	10	12	10	12	16	20	25	32	40	50
	–	–	10	12	16	20	16	20	25	32	40	50	63	80
	–	–	–	–	–	–	25	32	40	50	63	80	100	125

Ejemplo de designación: tubo rectangular soldado de 25 × 16-2 R 990-80

58■3 Aluminio y sus aleaciones

58■31 Redondos, cuadrados, hexagonales

Laminados en caliente { NF A 65-101, NF A 65-111, NF A 65-112 } Estirados { NF A 66-101, NF A 66-111, NF A 66-112 }



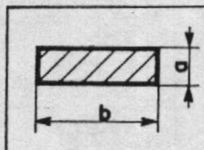
d	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25	28
	30	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	150	160
c	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
h	5	6	7	8	9	10	12	14	16	17	19	21	22	23	26	29	32
Longitud de las barras: 3 a 6 m.																	

Ejemplo de designación: Redondo 32, NF A 65-101

Longitudes normales: 4 m. a 6 m.

58■32 Llantas

Laminadas en caliente NF A 65-131
Laminadas en frío NF A 66-131



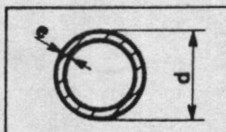
Grueso a	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
Longitudes b	10 a 25	10 a 32	10 a 40	10 a 100	10 a 160	10 a 160	12 a 160	16 a 160	20 a 160
Grueso a	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Longitudes b	25 a 160	32 a 160	40 a 160	50 a 160	63 a 160	80 a 160	100 a 160	125 a 160	160

Longitudes b normalizadas	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160

Ejemplo de designación: Llanta 40 × 10 NF A 65-131

58■33 Tubos

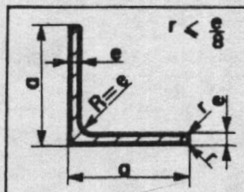
Laminados en caliente: aluminio NF A 65-771; aleaciones NF A 66-774



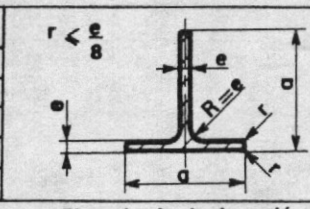
D	25	30	32	36	38	40	45	50	56	63	70	80	90	100
e	1,2 a 3	1,2 a 6	1,2 a 8	1,6 a 8	2 a 8	2 a 8	2,5 a 8	2,5 a 8	3 a 8	4 a 8	5 a 8	4 a 8	5 a 8	5 a 10
Espesores y normalizados					1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	6	10

Ejemplo de designación: Tubo 32 × 2,5 NF A 65-774

58■34 Ángulos y perfiles en T NF A 65-151, 163



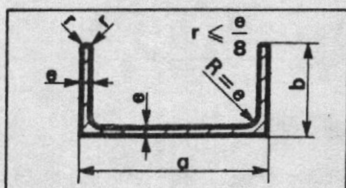
a	e	a	e
12	1-1,2	40	3-4
16	1,2-1,6	50	4-5
20	1,6-2	63	5-6
25	2-2,5	80	6-8
32	2,5-3	100	8-10



a	e	a	e
20	1,6-2	63	5-6
25	2-2,5	80	6-8
32	2,5-3	100	8-10
40	3-4	125	10-12
50	4-5	160	14

Ejemplo de designación: Tubo 50 × 50 × 5 NF A 65-151

58■35 Perfiles en U NF A 65-161



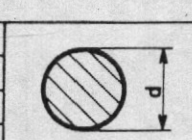
a	b	e	a	b	e	a	b	e
25	16	1,6	50	25	2,5-3	80	50	4-5
32	16	1,6-2	50	32	2,5-3	100	50	5-6
32	20	1,6-2	63	32	3-4	100	63	5-6
40	20	2-2,5	63	40	3-4	125	63	6-8
40	25	2-2,5	80	40	4-5	125	80	6-8

Ejemplo de designación: Perfil en U 50 × 32 × 3 NF A 65-161

58■4 Rilsan (calidad rígida)

Longitud máxima: 3 metros

PLANCHAS	Longitud 3 m.	6 × 300
2 × 570		10 × 300
3 × 300		25 × 300
5 × 300		50 × 300



2,5	15	40	100
6	20	50	125
8	25	60	150
10	30	80	–

Ejemplo de designación: Macizo ∅ 20, Rilsan.

59 Tratamientos y recubrimientos superficiales

Los tratamientos y recubrimientos superficiales de metales son utilizados: para aumentar la resistencia al desgaste o para evitar la corrosión o por cuestiones de estética. Se utilizan principalmente: los tratamientos por transformación superficial del metal (anodización, nitruración, fosfatación, etc.). Los revestimientos por un metal convenientemente elegido (niquelado, cromado, zincado, etc.), y los revestimientos por medio de una capa (pintura, barniz, grasas, aceites, etc.).

PRINCIPALES TRATAMIENTOS Y REVESTIMIENTOS SUPERFICIALES

Denominación	Soporte	Espesor	Dureza* Vickers	Dureza* Rockwell	Propiedades principales
Anodizado	Aluminio y sus aleaciones	5 μ a 10 μ aprox.	—	—	Buena resistencia al desgaste y a la corrosión. Buen aspecto (incoloro y coloreado).
Anodizado duro	Aluminio y sus aleaciones	10 μ a 120 μ aprox.	450 a 850	45 a 65	Muy buena resistencia al desgaste y a la corrosión. Espesor usual: 40 μ.
Cadmiado	Metales férreos. Cobre y aleaciones	2 μ a 30 μ aprox.	25	—	Buena resistencia a la corrosión. Esta protección puede ser aumentada por pasicado con ácido crómico (aspecto amarillo irisado).
Cementación	Ver cuadro 56.25	0,10 mm a 6 mm	800	63	Gran resiliencia en el corazón de la pieza. Gran dureza de la superficie.
Cromado	Metales férreos	5 μ a 50 μ	—	—	Buena resistencia a la corrosión. Buen aspecto (satinado o brillante). Capa normalizada: 10 μ de níquel más 5 μ de cromo.
Cromado duro	Cobre y sus aleaciones	50 μ a 500 μ	1 000	70	Muy buena protección contra el desgaste y la corrosión (espesor normal: 50 μ). Buenas cualidades de rozamiento.
Estañado	Aluminio y sus aleaciones	5 μ a 30 μ aprox.	—	—	Buena resistencia a la corrosión. Se utiliza en especial para piezas que deben ser soldadas con estaño.
Niquelado	Cinc y sus aleaciones	2 μ a 30 μ aprox.	200 a 800	17 a 63	Buena resistencia al desgaste y a la corrosión.
Nitrurado	Ver cuadro 56.25	0,1 mm a 0,8 mm	800	63	Muy buena resistencia al desgaste. Buena resistencia a la corrosión.
Pinturas	Toda clase de soportes	—	—	—	La protección contra la corrosión requiere una capa previa impermeable (minio, por ejemplo).
Fosfatado	Metales férreos	20 μ aprox.	—	—	Utilizado sobre todo como capa de adhesión para pinturas y barnices.
Sulfinizado	Metales férreos	0,2 mm aprox.	—	—	Mejora la resistencia al desgaste y las cualidades de rozamiento.
Temple superficial	Aceros templables	0,3 mm a 6 mm	Función del acero utilizado		Gran resiliencia en el corazón de la pieza. Gran dureza de la superficie.
Cincado	Metales férreos	5 μ a 30 μ aprox.	—		Buena resistencia a la corrosión. Aspecto brillante o amarillo irisado (por pasivado).

* Correspondencia aproximada.

60 Construcciones básicas corrientes

60■1 Utilidad de las construcciones gráficas

Las construcciones gráficas se utilizan cuando se busca **una gran precisión** en el trazado.

Este trazado preciso se llama PLANO.

60■11 Principales aplicaciones

60■111 Resolución gráfica de problemas

Para resolver gráficamente un problema se obtienen directamente sobre el trazado y a la escala del plano los elementos de la solución. La resolución gráfica de un problema es particularmente interesante por la **rapidez** y la **posibilidad de comprobación** que la misma ofrece para los cálculos. En particular, es empleada en dos enseñanzas importantes: la **geometría descriptiva** y la **estática gráfica.**

60■112 Control de piezas en el protector de perfiles

El perfil de la pieza a controlar se proyecta sobre una pantalla. Se compara este perfil con un trazado **muy preciso** realizado a gran escala sobre un papel transparente poco deformable.

60■113 Trazado de piezas en los talleres

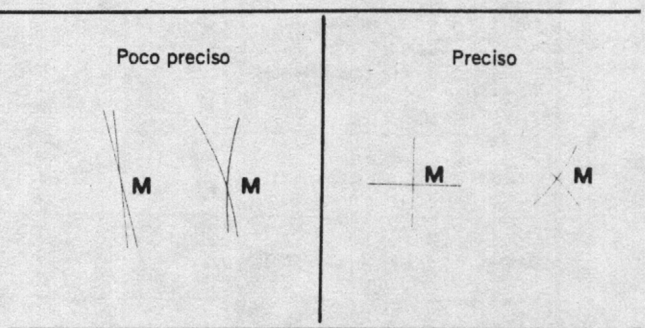
Las construcciones gráficas son también utilizadas con mucha frecuencia en talleres de calderería general, de construcción naval y de construcciones aeronáuticas (especialmente para el trazado del desarrollo de muchas piezas).

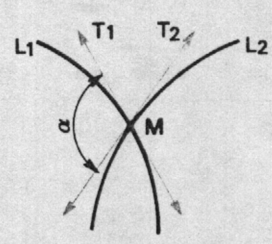
60■12 Cómo conseguir la precisión en el dibujo

1º Si la precisión en el dibujo debe conservarse durante largo tiempo, **elegir un soporte de gran estabilidad dimensional.** Puede utilizarse «bristol fort» o papel «cadastre». Si se desea un soporte transparente, son aconsejables las películas plásticas tipo «Kodatrace», «Astralón», etc.

2º Las construcciones deben efectuarse con trazo fino.

3º Un punto se determinará por la intersección de dos líneas. La precisión será tanto mayor cuanto más se aproxime a 90º el ángulo formado por dichas líneas.





* El ángulo de dos líneas L1 y L2, que se cortan en M, es por definición el ángulo α formado por las tangentes a las mismas en M.

60.2 Construcción de perpendiculares

OBSERVACIÓN PREVIA:
El trazado de horizontales y de verticales puede efectuarse con precisión mediante un tecnígrafo de carro, de un paralex, o de una T y una escuadra. El tecnígrafo de paralelogramos no es aconsejable para trazados precisos de grandes dimensiones.

60.21 Mediatriz de un segmento de recta* AB (fig. 1)

Haciendo centro en A y en B trazar sendos arcos de radio R (con el fin de obtener precisión tomar $R \approx 0{,}75\ AB$), sean C y D sus intersecciones. La recta CD es la mediatriz del segmento de recta AB (lugar geométrico de los puntos equidistantes de A y B).

60.22 Perpendicular a una recta por un punto M de la misma (fig. 2)

A partir de M tomar con la ayuda del compás sobre la recta Δ dos longitudes iguales $MA = MB = R_1$. La construcción se reduce ahora a trazar la mediatriz CD del segmento de recta AB (§ 60.21).

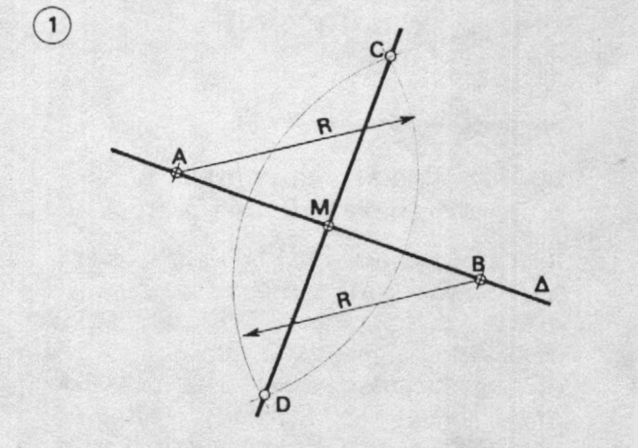
60.23 Perpendicular a una recta Δ desde un punto exterior C (fig. 3)

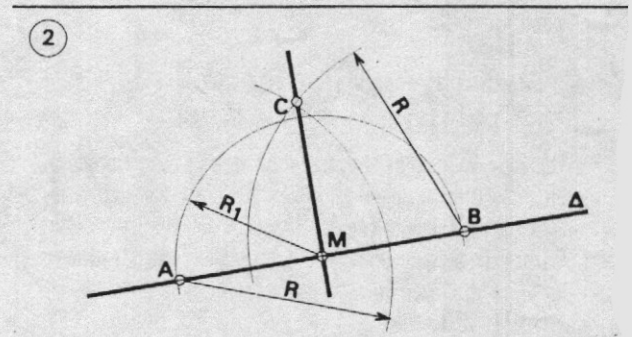
Con centro C trazar un arco de circunferencia de radio R_1 suficiente para que corte a la recta Δ en dos puntos A y B. La construcción se reduce ahora a trazar la mediatriz CD del segmento de recta AB.

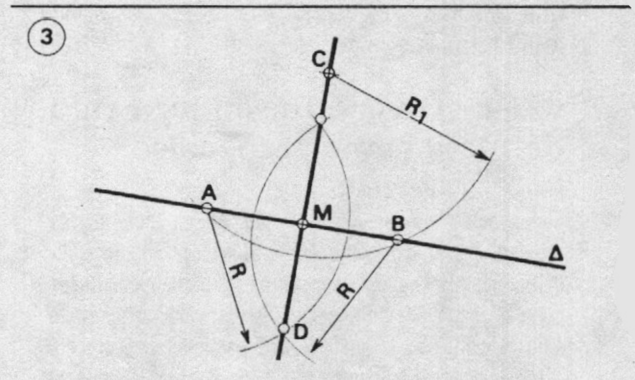
60.24 Perpendicular a una recta Δ que no puede prolongarse, por su extremo M (fig. 4)

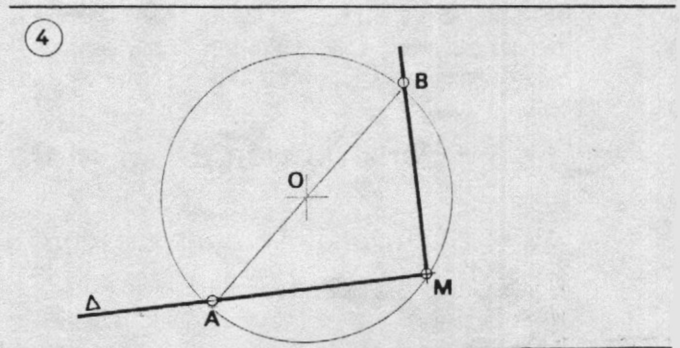
Desde un punto O cualquiera puede trazar una circunferencia de radio OM.
Trazar el diámetro AOB.
La recta MB es la perpendicular en M a la recta Δ (en efecto el ángulo $\widehat{BMA}$ es de 90° por inscrito en una semicircunferencia).

* Ver léxico.





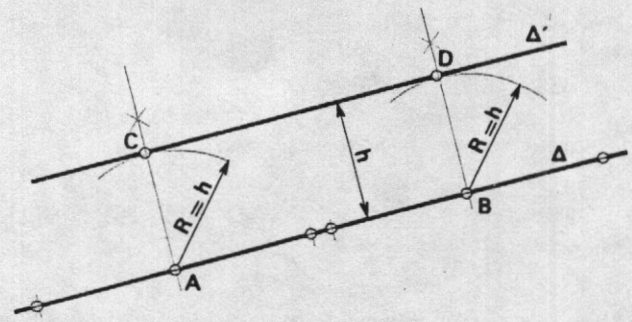




60■3 Construcción de paralelas

Ver de nuevo la observación preliminar del § 60.2.

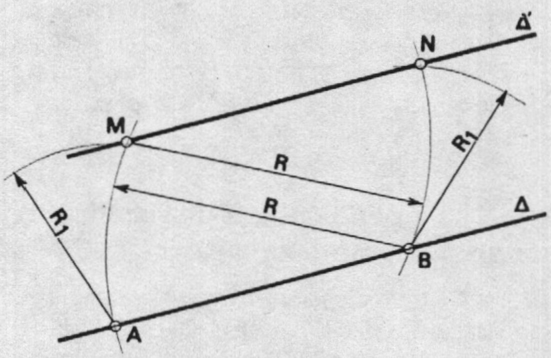
60■31 Trazar una paralela Δ' a una distancia h de una recta Δ



Tomar sobre Δ dos puntos A y B tan separados como sea posible. La paralela Δ a Δ puede ser obtenida:

- o trazando la tangente a las circunferencias (A, R) y (B, R), siendo R = h (distancia dada),
- o, si se desea más precisión, levantando por A y B dos perpendiculares (§ 60.22) y tomando sobre ellas la distancia h dada. La recta Δ' viene determinada por los puntos C y D.

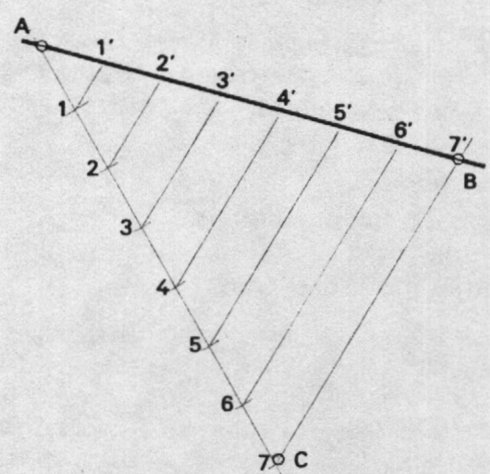
60■32 Trazar por un punto M una paralela Δ' a una recta Δ



Tomando M como centro, trazar un arco de circunferencia de radio R tan grande como sea posible y cortando a la recta Δ en B. Luego con centro en B y con el mismo radio R trazar un arco que cortará a Δ en A. Con centro B y radio R_1 = AM, trazar un arco de circunferencia cortando al arco (M, MB) en N.

La recta MN es la paralela Δ' a la recta Δ (los puntos AMNB determinan un paralelogramo).

60■4 División de un segmento de recta en partes iguales



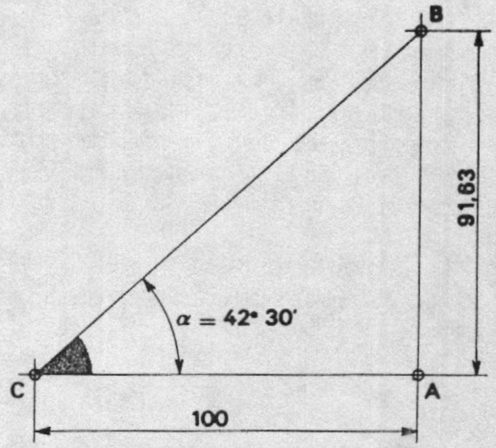
Supongamos que se desea dividir AB en siete partes iguales. Trazar una recta AC formando un ángulo cualquiera con AB. Luego, llevar sobre esta recta, mediante un compás, siete segmentos iguales de cualquier longitud. Unir el punto 7 y el punto B. Las paralelas al segmento 7B pasan por los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y dividen al segmento AB en siete partes iguales (aplicación del teorema de Thalès). Esta construcción es muy cómoda para confeccionar un escalímetro (ver § 6.2).

60■5 Construcción de ángulos

60■51 Utilizando un transportador

El transportador empleado debe ser de buena calidad. La precisión obtenida está en función de la dimensión del transportador.

60■52 Utilizando la tangente del ángulo



RECORDATORIO DE TRIGONOMETRÍA

En un triángulo ABC, rectángulo en A (ver figura) se tiene:

$$\text{tg ACB} = \text{tg}\,\alpha = \frac{AB}{CA};\ \text{de donde}\ AB = CA\,\text{tg}\,\alpha.$$

EJEMPLO:

Construir un ángulo $\alpha = 42°30'$.

1º Buscar el valor de tg α en unas tablas trigonométricas. Se lee:
tg 42°30′ = 0,9163 (ver pág. 319).

2º Tomar un segmento CA de longitud cualquiera, 100 mm. por ejemplo.

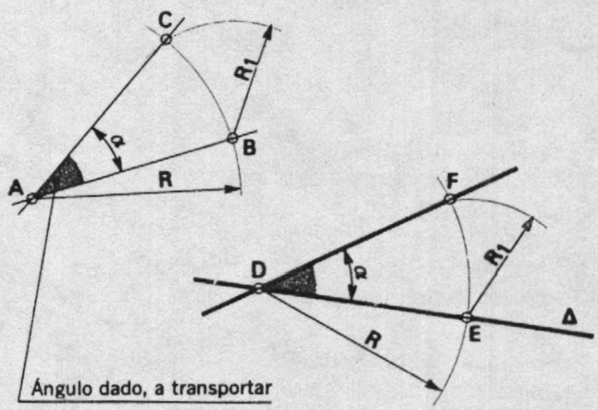
3º Levantar la perpendicular a CA por A (§ 60.2).

4º Tomar AB = CA tg 42°30′ = 91,63 mm.

5º Unir los puntos C y B.

60■53 Casos particulares

60■531 Transportar un ángulo α dado en un punto D de una recta Δ tomada como uno de los lados



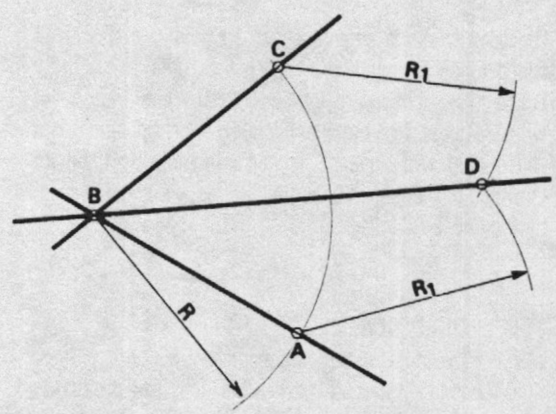
1º Desde A y D como centros trazar dos arcos de circunferencia de radio R elegido lo mayor posible. Sean B, C y E las intersecciones respectivas con los lados del ángulo α y con la recta Δ.

2º Tomando como centro E y con radio R_1 = BC, trazar un arco de circunferencia que cortará al arco (D, R) en F.

3º Trazar la recta DF.

Principio aplicado: En dos circunferencias del mismo radio, ángulos centrales iguales interceptan arcos iguales y cuerdas iguales.

60■532 Trazar la bisectriz de un ángulo dado $\widehat{ABC}$



1º Tomando como centro B, trazar un arco de círculo de radio R lo mayor posible y cortando los lados del ángulo en A y C.

2º Desde A y C como centros, trazar dos arcos de circunferencia de radio $R_1 > 0{,}5$ AC* que se cortan en D.

3º Trazar la recta BD (BD es el lugar geométrico de los puntos equidistantes de los lados del ángulo BA y BC).

60■54 Construcción de ángulos usuales

En dibujo industrial, los ángulos usuales son múltiples de 15°.

* Prácticamente para efectuar una construcción precisa se toma $R_1 \approx$ AC.

Ver pág. siguiente.

60■541 Ángulo de 60°

Tomando como centro O, trazar un arco de circunferencia de radio R, elegido lo mayor posible y cortando a Ox en A. Luego con centro en A, trazar un segundo arco de circunferencia con el mismo radio. Sea B la intersección de ambos arcos. El triángulo OAB es por construcción equilátero y cada uno de sus ángulos vale 60°.

60■542 Ángulo de 30°

Un ángulo de 30° puede obtenerse trazando la bisectriz de un ángulo de 60° (§ 60.532).

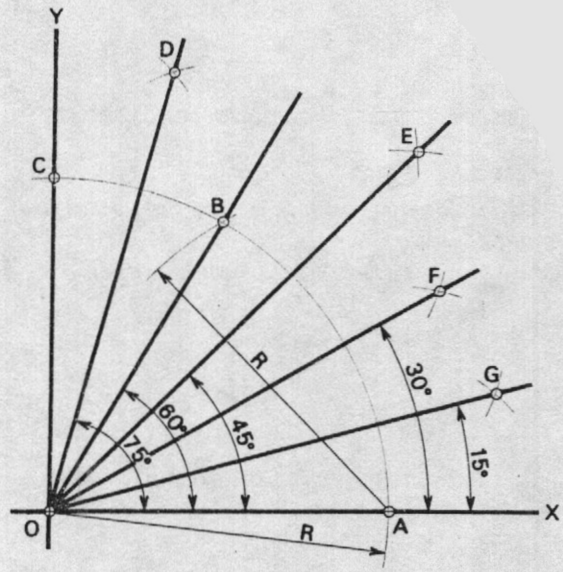
$$\widehat{AOF} = \widehat{FOB} = \frac{\widehat{AOB}}{2} = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$$

o tomando el complemento de un ángulo de 60°.

60■543 Ángulo de 15°

Un ángulo de 15° puede obtenerse trazando la bisectriz de un ángulo de 30°.

$$\widehat{AOG} = \widehat{GOF} = \frac{\widehat{AOF}}{2} = \frac{30^\circ}{2} = 15^\circ.$$



60■544 Ángulo de 75°

Se puede obtener construyendo un ángulo de 60° y sumándole un ángulo de 15°.

$$\widehat{AOD} = \widehat{AOB} + \widehat{BOD} = 60^\circ + 15^\circ = 75^\circ$$

o tomando el complemento de un ángulo de 15°.

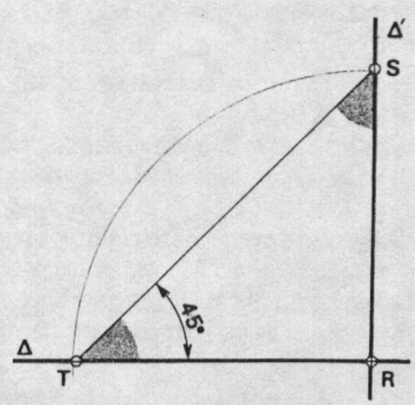
60■545 Ángulo de 45°

Puede obtenerse trazando la bisectriz de un ángulo de 90°.

$$\widehat{AOE} = \widehat{EOC} = \frac{\widehat{AOC}}{2} = \frac{90^\circ}{2} = 45^\circ.$$

Otra construcción empleada con frecuencia consiste en construir un triángulo rectángulo isósceles.

Trazar primero una perpendicular Δ' al primer lado Δ del ángulo (tomar TR lo mayor posible). A continuación, con centro R, trazar un arco de circunferencia de radio RT cortando a Δ' en S. El triángulo RST es, por construcción, rectángulo e isósceles ($\widehat{RST} = \widehat{RTS} = 45^\circ$).

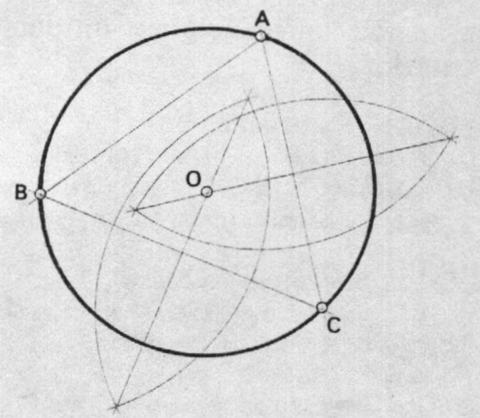


OBSERVACIÓN GENERAL:

Los procedimientos que proceden no son los únicos. Concretamente, siempre es posible construir un ángulo por la suma o diferencia de otros dos. Por ejemplo, un ángulo de 15° puede obtenerse restando de un ángulo de 60°, uno de 45°.

60■6 Construcción de circunferencias

60■61 Trazar una circunferencia que pase por tres puntos no alineados



Una circunferencia está determinada si se conoce la posición de su centro y el valor de su radio.

El centro de la circunferencia es el punto de intersección o de las mediatrices (§ 60.21) de los segmentos AB, BC y AC. Por construcción se tiene:

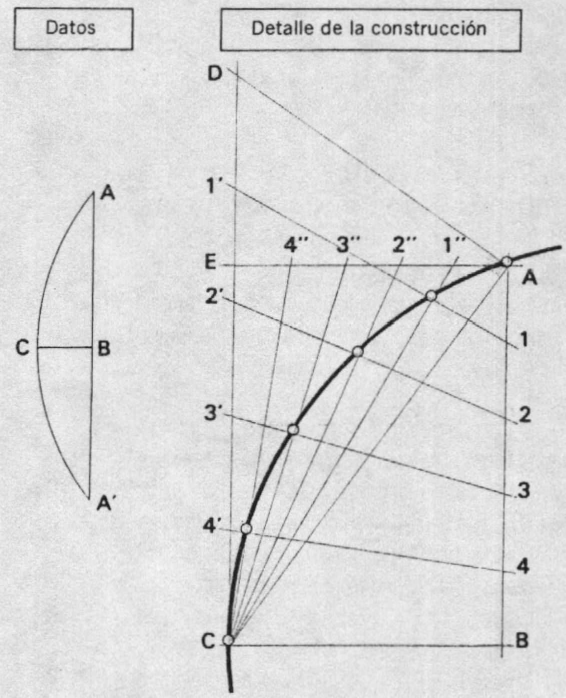
$$OA = OB = OC$$

La circunferencia de centro O y de radio R = OA = OB = OC pasa pues por los tres puntos A, B y C. O se denomina **centro de la circunferencia circunscrita** a los tres puntos A, B y C.

60■62 Determinar el centro de un arco de circunferencia

Elegir tres puntos A, B y C sobre este arco. El caso se remite a la construcción precedente.

60■63 Dibujar un arco de circunferencia cuyo centro es inaccesible

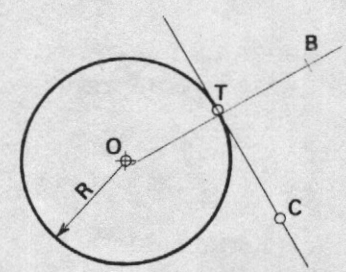


Se conoce la cuerda AA' y la flecha BC.

1º Unir AC.
2º Trazar Ab perpendicular a AC.
3º Trazar CD paralela a AB.
4º Trazar la perpendicular AE a CD.
5º Dividir en igual número de partes iguales los segmentos AB, CD y AE.
6º Unir las divisiones según indica la figura.
7º Unir con un trazo continuo las intersecciones de las rectas (1, 1') y (C, 1''), (2, 2') y (C, 2''), etc.

60■7 Construcción de tangentes

60■71 Trazar la tangente a una circunferencia en un punto T de la misma



Una recta es tangente en T, a una circunferencia (O, R) si es perpendicular al radio OT. De ello se deduce la construcción siguiente:

1º Trazar el radio OT.
2º Levantar por T la perpendicular a dicho radio (§ 60.22).

60■72 Trazar las tangentes a una circunferencia por un punto exterior

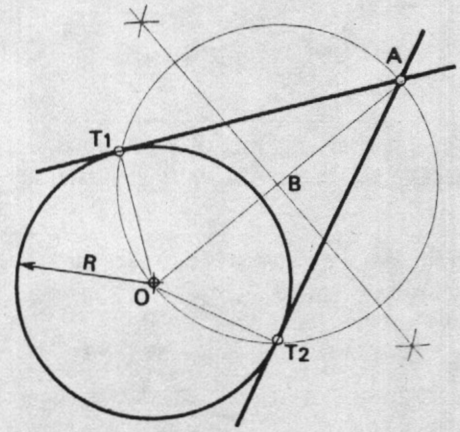
60■721 Primer método

Las tangentes pueden ser trazadas con una regla, tangente a la circunferencia (O, R) pasando por el punto A. La precisión obtenida es, en general, suficiente.

60■722 Segundo método

Es más largo, pero más preciso que el método precedente (tangentes determinadas por dos puntos).

1º Unir OA.
2º Trazar la mediatriz del segmento OA (§ 60.21).
3º Trazar la circunferencia (B, OB) que cortará la circunferencia (O, R) en T_1 y T_2.
4º Unir AT_1 y AT_2 (los triángulos OAT_1 y OAT_2 son rectángulos en T_1 y en T_2 pues están ambos inscritos en una semicircunferencia).



60■73 Tangentes exteriores comunes a dos circunferencias

60■731 Primer método

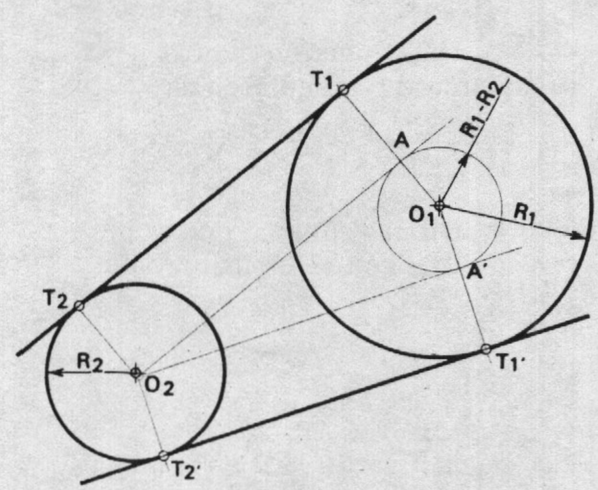
Trazar las tangentes mediante una regla tangente a las dos circunferencias. La precisión obtenida es en general suficiente.

60■732 Segundo método

Es más largo pero más preciso que el método precedente (tangentes determinadas por dos puntos).

Sean (O_1, R_1) y (O_2, R_2) las dos circunferencias dadas.

1º Trazar la circunferencia $(O_1, R_1\text{-}R_2)$.
2º Trazar a esta circunferencia las tangentes O_2A y O_2A' (§ 60.72).
3º Unir O_1A y O_1A' que cortan (O_1, R_1) en T_1 y T'_1.
4º Trazar O_2T_2 y $O_2T'_2$ paralelas respectivamente a O_1T_1 y a $O_1T'_1$.
5º Unir T_1T_2 y $T'_1T'_2$.



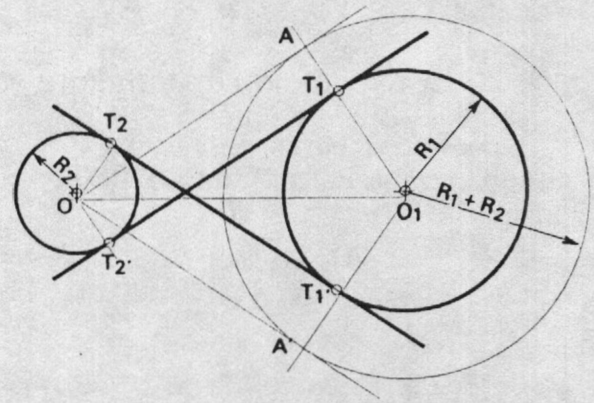
60■74 Tangentes interiores comunes a dos circunferencias

60■741 Primer método

Las construcciones son idénticas a las del § 60.731.

60■742 Segundo método

Las contrucciones son idénticas a las del § 60.732 salvo que la circunferencia auxiliar debe ser de radio $R_1 + R_2$.



61 Enlaces

61■1 Definición

Dos líneas enlazan si en su punto común admiten la misma tangente.

EJEMPLOS (fig. 1)

■ Un arco de circunferencia $\widehat{AMT}$ y una recta Δ enlazan si la recta es tangente en T al arco. Para ello es necesario y suficiente que el radio OT sea perpendicular a Δ.

■ Dos arcos de circunferencia $\widehat{AMT}$ y $\widehat{BNT}$ enlazan si admiten en T la misma tangente. Para ello es necesario y suficiente que los centros O_1 y O_1 de los arcos y el punto T estén alineados.

61■2 Casos prácticos

El más corriente es el de unir dos líneas Δ_1 y Δ_2 conocidas, mediante una circunferencia de radio R conocido pero cuyo centro hay que determinar (fig. 2).

61■21 Método

Para ser tangente a las rectas Δ_1 y Δ_2 la circunferencia (O, R) ha de satisfacer **dos condiciones** que son función del problema planteado:

■ **La primera condición** permite trazar un lugar geométrico* G_1 del centro O.

■ **La segunda condición** permite trazar un segundo lugar geométrico G_2 del centro O.

El centro O debiendo pertenecer a la vez a G_1 y a G_2 no puede ser más que su intersección.

La investigación de estas dos condiciones se efectúa sobre un trazado previo aproximado y suponiendo el problema resuelto.

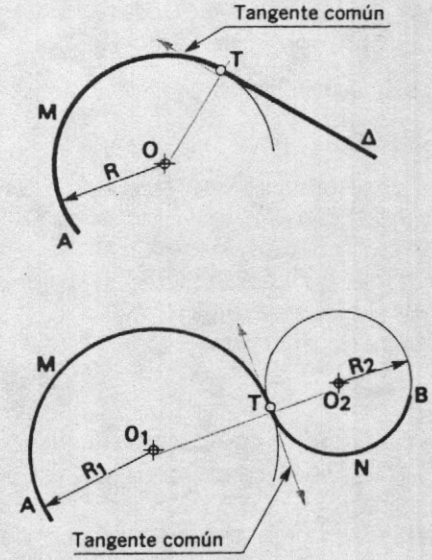
61■22 Ejemplos

61■221 Enlace de dos rectas dadas Δ_1 y Δ_2 mediante una circunferencia de radio R dado

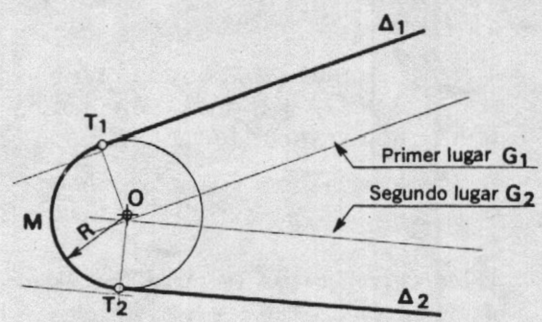
El centro O es el punto de intersección de las rectas G_1 y G_2 paralelas a Δ_1 y Δ_2 trazadas a una distancia R de las mismas (fig. 3). Esta construcción evidencia que hay cuatro soluciones posibles O, O′, O_1, O_2.

* Ver léxico.

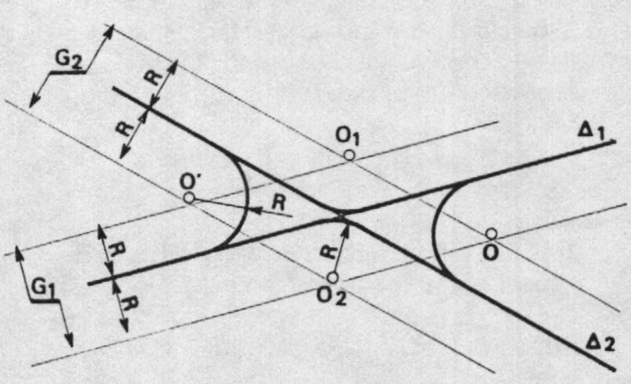
1



2



3



61■222 Enlazar una circunferencia (O_1, R_1) y una recta Δ, dadas, mediante una circunferecia de radio R, dado.

En general, hay dos tipos de soluciones:

1º Las circunferencias son tangentes exteriormente (fig. 1). El centro O de la circunferencia (O, R) es el punto de intersección:

- de la paralela a Δ a una distancia R de la misma, y
- de la circunferencia $(O_1, R + R_1)$.

Esta construcción ofrece dos soluciones posibles, O y O′.

2º Las circunferencias son tangentes interiormente (fig. 2). El centro O de la circunferencia (O, R) es el punto de intersección:

- de la paralela a Δ, a una distancia R de la misma, y
- de la circunferencia $(O_1, R - R_1)$.

Esta construcción ofrece dos soluciones posibles, O y O′.

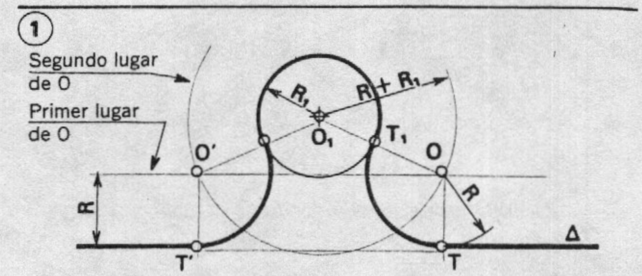
61■223 Enlazar dos circunferencias (O_1, R_1) y (O_2, R_2) dadas, mediante una circunferencia de radio R dado

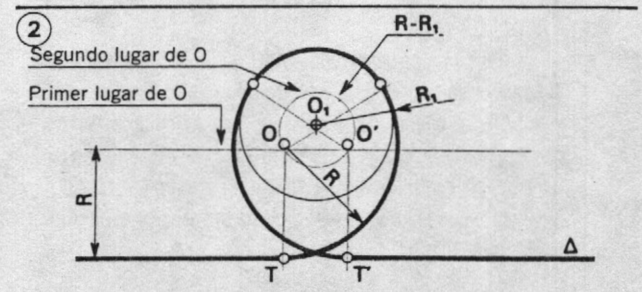
En general, hay tres tipos de soluciones:

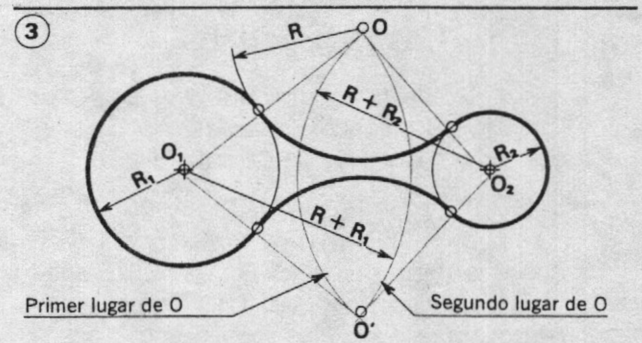
1º Las circunferencias son tangentes exteriormente (fig. 3). El centro O de la circunferencia (O, R) es el punto de intersección de las circunferencias $(O_1, R + R_1)$ y $(O_2, R + R_2)$.
Este caso tiene dos soluciones O y O′.

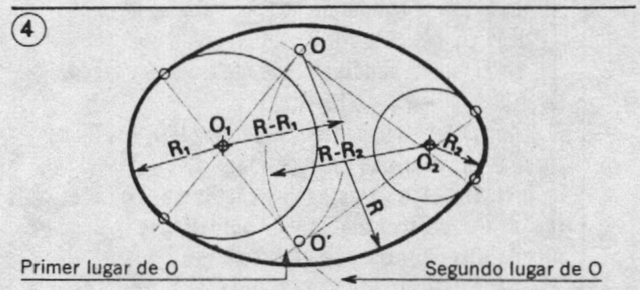
2º Las circunferencias son tangentes interiormente (fig. 4). El centro O de la circunferencia (O, R) es el punto de intersección de las circunferencias $(O_1, R - R_1)$ y $(O_2, R - R_2)$.
Este caso tiene dos soluciones, O y O′.

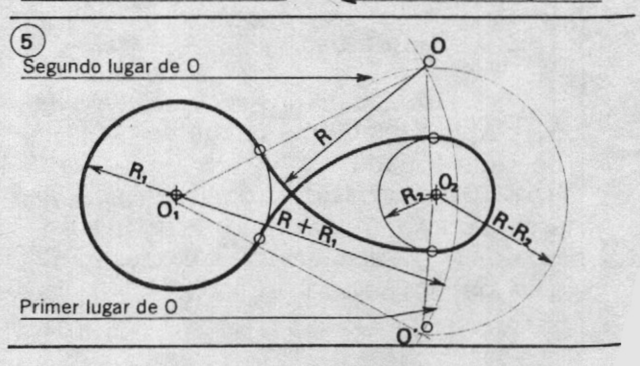
3º Una de las circunferencias dadas enlaza exteriormente, y la otra interiormente (fig. 5).
El centro de la circunferencia (O, R) es el punto de intersección de las circunferencias $(O_1, R + R_1)$ y $(O_2, R - R_2)$.
Este caso tiene dos soluciones, O y O′.











62 Curvas técnicas

62■1 Elipse

62■11 Definición

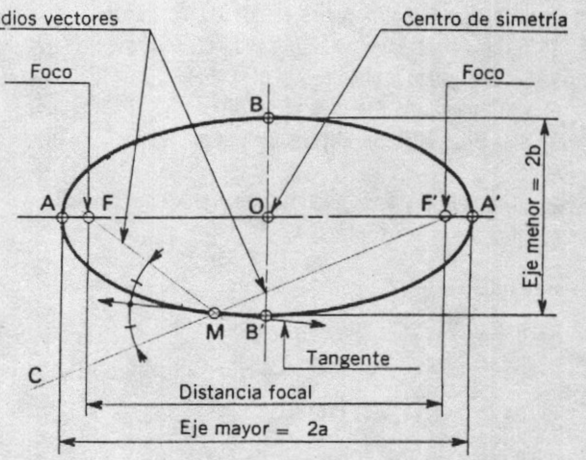
Una elipse es una curva plana. Es el lugar geométrico de los puntos cuya suma de distancias a dos puntos fijos F y F′ es constante.

F y F′ se denominan **FOCOS.**

Siendo M un punto cualquiera de la elipse se tiene:

$$MF + MF' = AA' = 2\,a$$

La **tangente en M** a la elipse es la bisectriz del ángulo FMC (ángulo exterior formado por los dos radios vectores que pasan por M).



62■12 Trazado de elipses

Los ejes AA′ = 2 a y BB′ = 2 b son dados

62■121 Por puntos mediante compás

1º Determinar los focos F y F′. Se tiene por definición: BF + BF′ 2 a. Los focos de la elipse son pues, los puntos de intersección de la circunferencia (B, R = a) con el eje mayor AA′.

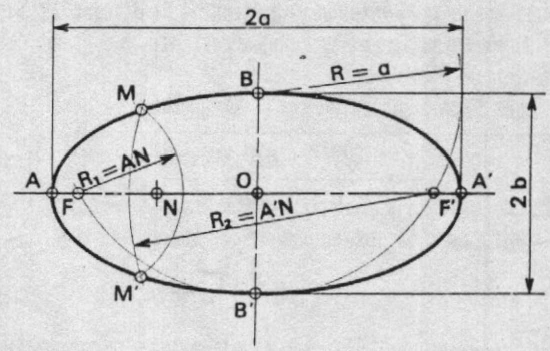
2º Sobre el segmento de recta FF′ elegir un punto N cualquiera. Tomar AN = R_1 y A′N = R_2.

3º Trazar las circunferencias (F, R_1) y (F′, R_2). Sus puntos de intersección M y M′ son dos puntos de la elipse.

En efecto:

$MF + MF' = R_1 + R_2 = AN + A'N = AA' = 2\,a.$

Se obtienen otros puntos de la elipse desplazando N entre F y F′.



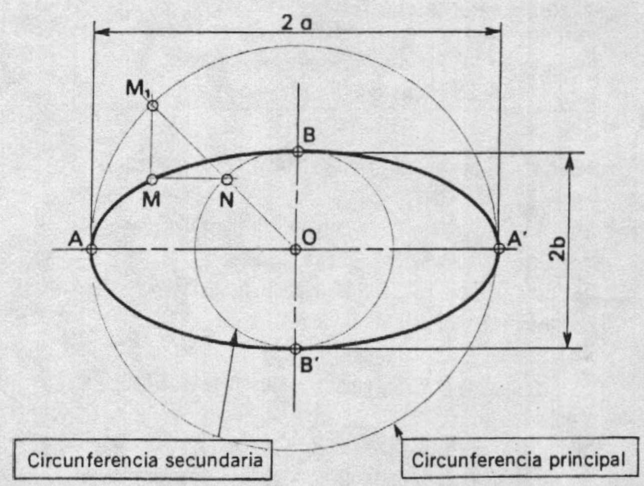
61■122 Por reducción de las ordenadas de una circunferencia

1º Trazar las circunferencias (0, 0A) y (0, 0B).

2º Trazar un radio cualquiera OM_1 de la circunferencia (O, OA). Cortará a la circunferencia (O, OB) en N.

3º Por M_1 trazar la paralela al eje BB′ y por N la paralela al eje AA′. Estas paralelas se cortan en un punto M de la elipse.

Se obtienen otros puntos de la elipse tomando distintos radios. **Principio aplicado:** Todo punto de la elipse procede de un punto del círculo principal reduciendo su ordenada en la relación b/a.



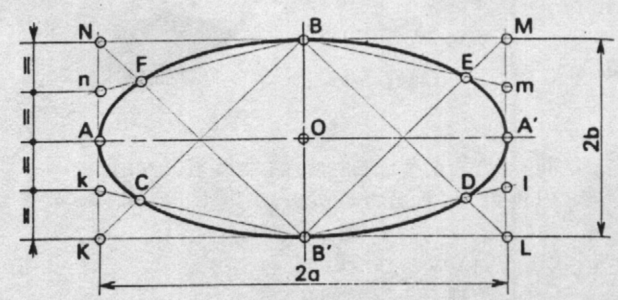
62■123 Por el método de los ocho puntos

Cuatro puntos de la elipse ya son conocidos (A, A′, B, B′).
Para obtener los otro cuatro puntos (C, D, E, F):

1° Trazar el rectángulo KLMN circunscrito a la elipse.
2° Sea k el punto medio de AK, l el punto medio de A′L, m el punto medio de A′M y n el de NA.
3° Unir BK y B′k. Su intersección es un punto C de la elipse.

Los puntos D, E y F se determinan por el mismo procedimiento.

OBSERVACIÓN:
Existen otras construcciones.



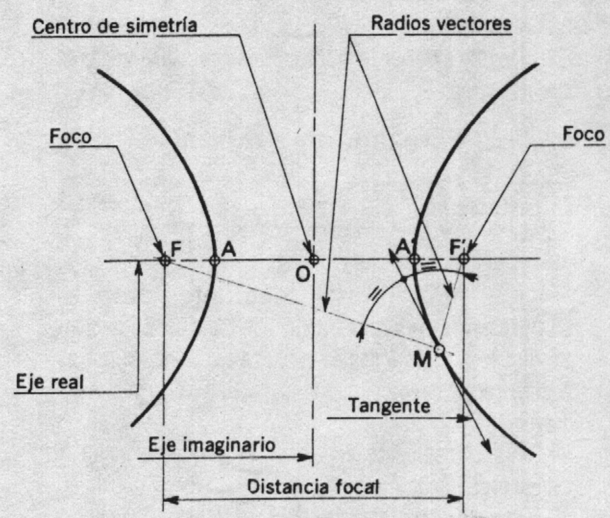
62■2 Hipérbola

62■21 Definición

Una hipérbola es una curva plana. Es el lugar geométrico de los puntos cuya diferencia de distancias a dos puntos fijos F y F′ es constante. F y F′ se denominan **FOCOS.**
Siendo M un punto cualquiera de la hipérbola se tiene:

$$MF - MF' = AA' = 2a.$$

La **tangente en M** a la hipérbola es la bisectriz del ángulo FMF′ formado por los radios vectores que pasan por M.

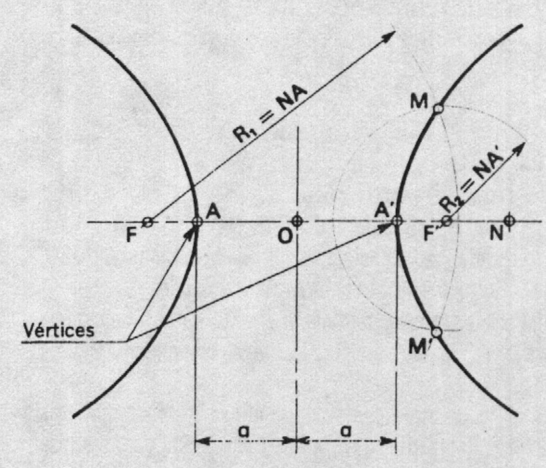


62■22 Trazado de la hipérbola

El trazado de una hipérbola es relativamente poco frecuente. El estudio se limita a una **construcción por puntos mediante compás.**

La distancia AA′ = 2 a y los focos F y F′ son dados.

1° Trazar el eje imaginario (mediatriz del segmento FF′ ver § 60.21).
2° Los vértices A y A′ se determinan tomando a ambos lados de O una longitud igual a a.
3° Sobre la recta FF′, elegir un punto N cualquiera exterior a FF′. Tomar NA = R_1 y NA′ = R_2.
4° Trazar las circunferencias (F, R_1) y (F′, R_2). Sus puntos de intersección M y M′ son dos puntos de la hipérbola. En efecto:
$MF - MF' = NA - NA' = R_1 - R_2 = AA' = 2a$.
Se obtienen otros puntos de la hipérbola desplazando N sobre la recta FF′ (N debe ser exterior al segmento FF′).



62■3 Parábola

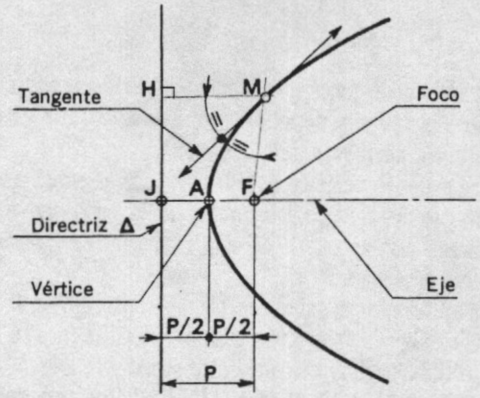
62■31 Definición

Una parábola es una curva plana. Es el lugar geométrico de los puntos equidistantes de una recta Δ y de un punto fijo F.

La recta Δ se llama **DIRECTRIZ,** y el punto F, **FOCO.**
La distancia FJ = P se denomina **PARÁMETRO.**
Siendo M un punto cualquiera de la parábola, se tiene:

$$MH = MF.$$

La **tangente en M** a la parábola es la bisectriz del ángulo HMF formado por el radio vector (MF) y el segmento de recta (HM) paralelo al eje.



62■32 Construcción de la parábola

62■321 Por puntos mediante compás

La directriz Δ y el foco F son datos.

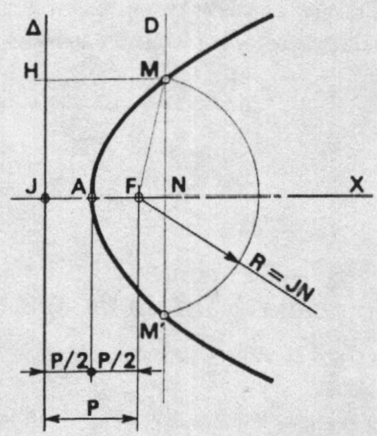
1º Hallar el punto medio de la parábola (punto medio de JF).

2º Sobre la semirecta AX elegir un punto N cualquiera y trazar la paralela D a la directriz Δ.

3º Trazar la circunferencia (F, JN). Ésta corta a la recta en dos puntos M y M′ que pertenecen a la parábola.

En efecto: JN = MH = MF.

Se obtienen otros puntos de la parábola desplazando N.



62■322 Trazar una parábola inscrita en un rectángulo

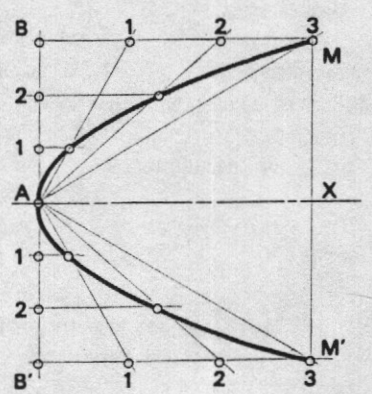
El eje AX, el vértice A, y los puntos M y M′ son dados.

Se obtienen otros puntos como sigue:

1º Dividir en un mismo número de partes iguales los segmentos AB, AB′, BM y BM′.

2º Unir las divisiones como se indica en la figura.

3º Unir con un trazo continuo las intersecciones de las rectas correlativas.



OBSERVACIÓN GENERAL:
La elipse, la hipérbola y la parábola pueden obtenerse seccionando un cono por un plano (§ 68.42). Estas curvas son llamadas CÓNICAS.

62■4 Hélice

62■41 Definiciones

Una hélice es una curva alabeada*. Está engendrada por una recta Δ de un plano P que se enrolla en un cilindro de revolución.

Una materialización de la hélice dibujada se puede efectuar con ayuda de un papel transparente, en el que se ha trazado previamente una recta inclinada, enrrollándolo sobre un cilindro.

PASO: distancia entre dos puntos consecutivos de la hélice situados sobre una misma generatriz (§ 65.31).

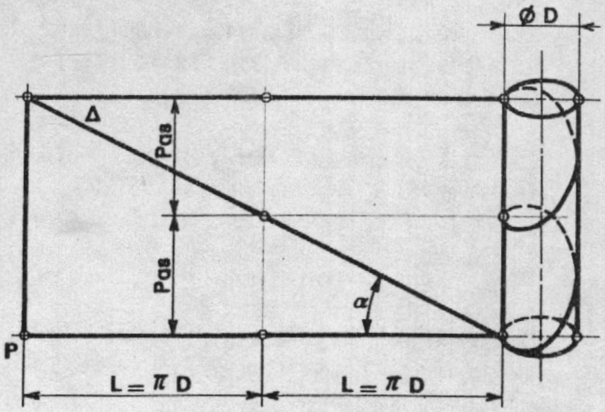
ESPIRA: longitud de hélice correspondiente a un paso.

SENTIDO DE GIRO DE LA HÉLICE: la hélice es **a derecha,** si, supuesto el eje del cilindro vertical, la parte vista de la hélice asciende de izquierda a derecha.

La hélice es **a izquierda** en caso contrario.

La tangente en un punto cualquiera de la hélice forma con el plano de la base del cilindro un ángulo α constante:

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\mathrm{Paso}}{\pi D}.$$



62■42 Determinación de las vistas de planta y alzado de una hélice

La planta de la hélice se confunde con la vista superior del cilindro.

En el alzado la proyección de la hélice se obtendrá por puntos.

1º Dividir en un mismo número de partes iguales el paso a'c' y la circunferencia de la planta.

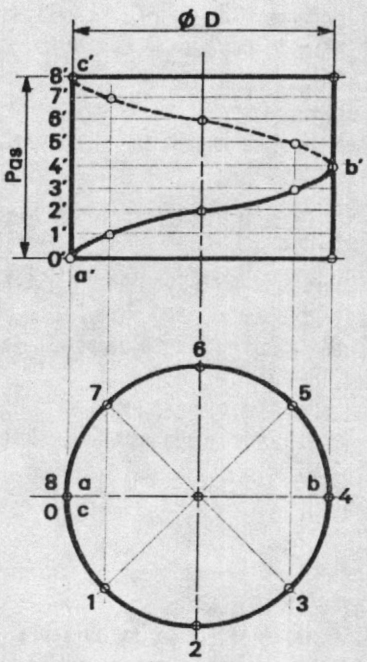
2º Unir las divisiones como se indica en la figura.

3º Unir las intersecciones de dos rectas del mismo orden por una línea llena gruesa en la parte vista, a'b', y por una línea interrumpida media corta, en la parte oculta b'c'.

Esta construcción permite escribir:

$$\frac{0'1'}{01} = \frac{1'2'}{12} = \cdots = \frac{a'c'}{\pi D} = \frac{\mathrm{Paso}}{\pi D} = \mathrm{tg}\,\alpha.$$

Las ordenadas son proporcionales a las abscisas curvilíneas.



* Ver léxico.

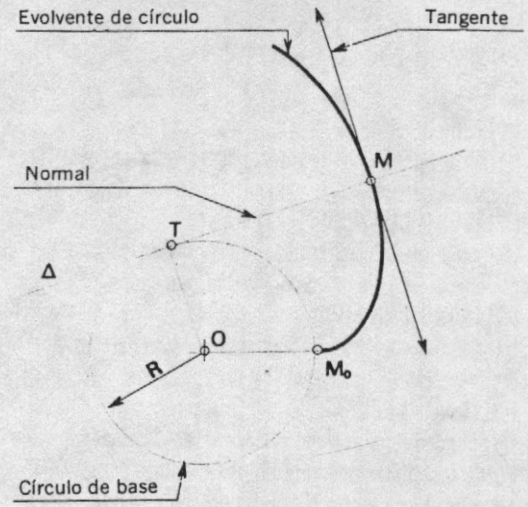
62■5 Evolvente de círculo

62■51 Definición

Una evolvente de círculo es una curva plana. Es la curva descrita por un punto M de una recta Δ que rueda sin deslizarse sobre un círculo fijo (O, R).

Por definición:

$$TM = \widehat{TMo}.$$

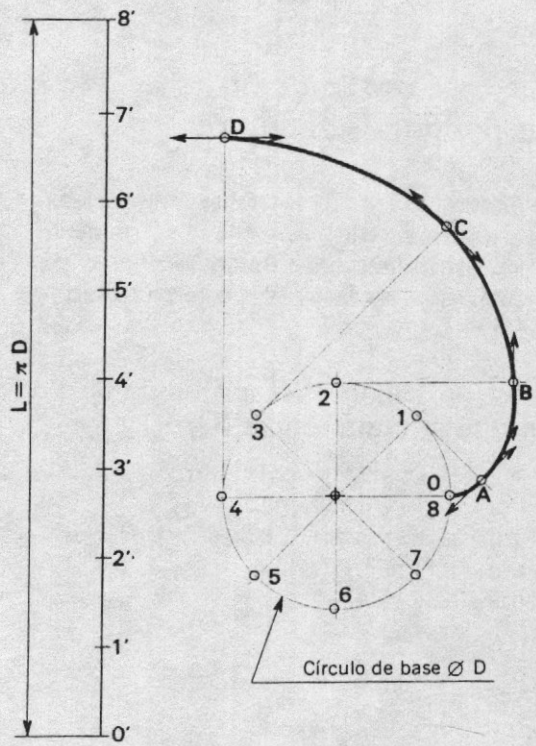


EL RADIO DE CURVATURA de la evolvente en M es igual al segmento TM. Dicho de otra forma, el arco de circunferencia (T, TM) es aquel que más se aproxima al arco de evolvente en M.
TM es la **NORMAL*** en M a la evolvente:
El círculo (O, R) se llama **CÍRCULO DE BASE.**

OBSERVACIÓN:
Las evolventes de círculos de radios distintos no son iguales.

62■52 Construcción de una evolvente de círculo

1º Dividir la circunferencia en partes iguales
2º En cada uno de los puntos de división trazar las tangentes a la circunferencia.
3º Llevar sobre estas tangentes a partir de su punto de contacto respectivo, longitudes iguales a los arcos comprendidos entre el origen O y su punto de tangencia (1A $= \widehat{01}$, 2B $= \widehat{02}$, etc.).



DETERMINACIÓN DE LAS LONGITUDES 01, 02, etc.
Trazar la longitud de la desarrollada L $= \pi$ D de la circunferencia básica y dividirla en el mismo número de partes iguales que la circunferencia básica.
Por construcción se tiene:
$0'1' = \widehat{01}$, $0'2' = \widehat{02}$, etc.

* Ver léxico.

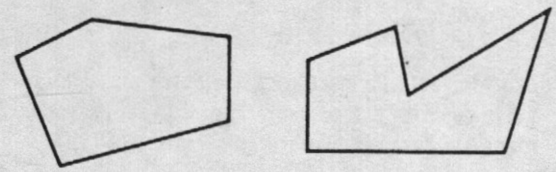
63 Polígonos

63■1 Definiciones

POLÍGONO
Un polígono es una figura plana limitada por una línea quebrada cerrada.
POLÍGONO CONVEXO
Un polígono es convexo cuando no queda partido por la prolongación de uno cualquiera de sus lados.
POLÍGONO CÓNCAVO
Un polígono es cóncavo cuando queda partido por la prolongación de uno o varios de sus lados.
POLÍGONO REGULAR
Un polígono regular tiene sus ángulos y sus lados iguales. Puede inscribirse siempre en una circunferencia (O, R) y circunscribirse a otra (O, r). Un polígono regular cóncavo se denomina «estrellado» (línea cerrada obtenida uniendo los puntos de división no consecutivos).

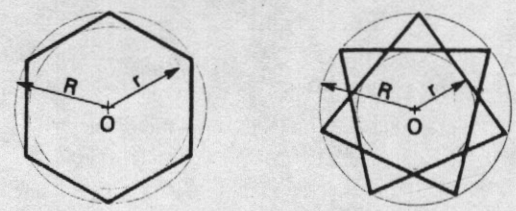
POLÍGONO CONVEXO

POLÍGONO CÓNCAVO



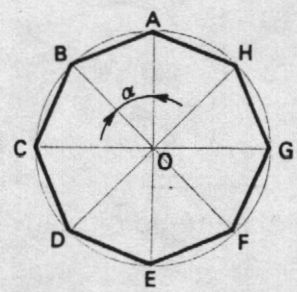
POLÍGONO REGULAR CONVEXO

POLÍGONO REGULAR CÓNCAVO O ESTRELLADO



63■2 Construcción de polígonos regulares

Un polígono regular se puede construir siempre a partir del ángulo en el centro $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ (n = número de lados). Las construcciones a efectuar para obtener los polígonos regulares más corrientes se indican a continuación.



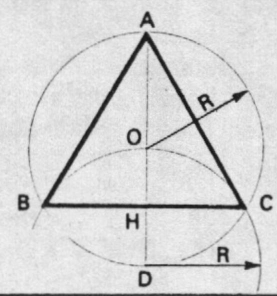
63■21 Polígonos inscritos en una circunferencia (O, R)

63■211 Triángulo equilátero

1º Trazar un diámetro AD.
2º Trazar la circunferencia (D, DO), que corta a la circunferencia (O, R) en B y C.
3º Unir AB, BC y CA.

Lado $= AB = R\sqrt{3}.$

Apotema $= OH = HD = \frac{R}{2}.$

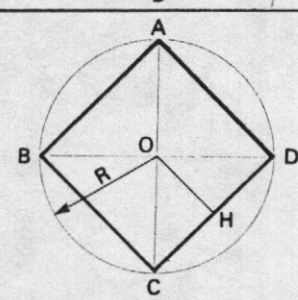


63■212 Cuadrado

Unir los extremos de dos diámetros perpendiculares.

Lado $= AB = R\sqrt{2}.$

Apotema $= OH = \frac{R}{2}\sqrt{2}.$

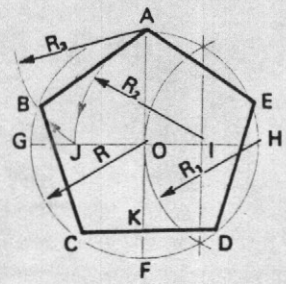


63.213 Pentágono

1º Trazar dos triángulos perpendiculares AF y GH.
2º Construir la mediatriz de OH (§ 60.21).
3º Trazar el arco de circunferencia (I, IA) que corta a GH en J.
4º El segmento AJ es la longitud del lado del pentágono.

Lado $= AB = AJ = \frac{R}{2}\sqrt{10 - 2\sqrt{5}}$.

Apotema $OK = \frac{R}{4}(\sqrt{5} + 1)$.

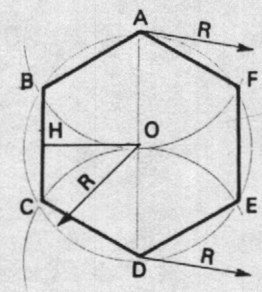


63.214 Exágono

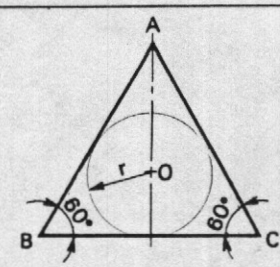
1º Trazar un diámetro AD.
2º Trazar las circunferencias (A, AO) y (D, DO), que cortarán a la circunferencia (O, R) respectivamente en B, F y C, E.
3º Unir AB, BC, CD, etc.

Lado $= AB = R$

Apotema $= OH = \frac{R}{2}\sqrt{3}$.

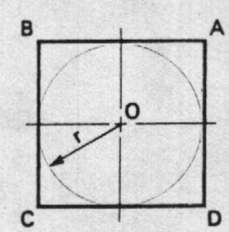


OBSERVACIÓN:
Si el número de lados del pentágono que se desea construir es el doble del de los polígonos estudiados, se puede dividir el ángulo en el centro en dos partes iguales (§ 60.532).



63.22 Polígonos circunscritos a una circunferencia (O, r)

Con la ayuda de una escuadra que tenga los ángulos adecuados o de un aparato de dibujar orientado correctamente se trazan las tangentes al círculo inscrito.

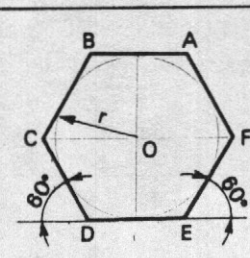


Las figuras ilustran la construcción para un triángulo equilátero, un cuadrado y un exágono.

Triángulo equilátero: $AB = 2\sqrt{3}\,r$.

Cuadrado : $AB = 2\,r$.

Exágono : $AB = \frac{2\sqrt{3}}{3}r$.



OBSERVACIÓN:
El apotema es igual al radio r.

64 Nociones fundamentales de geometría descriptiva

64■1 Utilidad de la geometría descriptiva

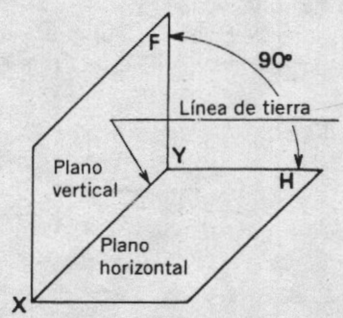
La geometría es una ciencia esencialmente gráfica. Se propone representar los sólidos del espacio (3 dimensiones) mediante figuras planas (2 dimensiones). En eso se asemeja al dibujo técnico, y es adecuado que el estudio de los métodos utilizados en geometría descriptiva se exponga aquí.

Estos métodos llevan contínuamente a proyectar un sólido sobre distintos planos. Es necesario ante todo conocer claramente cómo se obtienen las proyecciones de un punto, de una recta y de un plano.

64■2 Elección de los planos de proyección

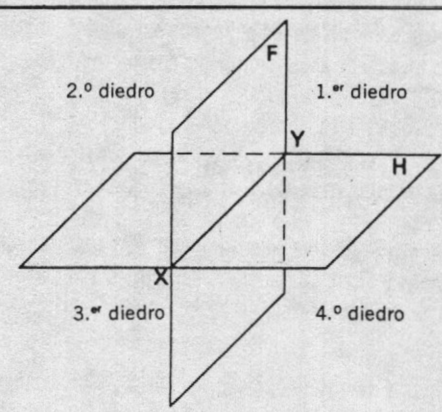
Se eligen dos planos: uno **horizontal H** y el otro **vertical F***.

Estos dos planos son perpendiculares entre sí. Su intersección XY se llama **LÍNEA DE TIERRA.** Una materialización de estos dos planos se obtiene doblando una hoja de papel en dos.



OBSERVACIÓN:

Siendo por definición un plano una superficie ilimitada, los dos planos H y F determinan cuatro diedros*. Sin embargo prácticamente y en la mayoría de los casos se sitúa el sólido a proyectar en el primer diedro.

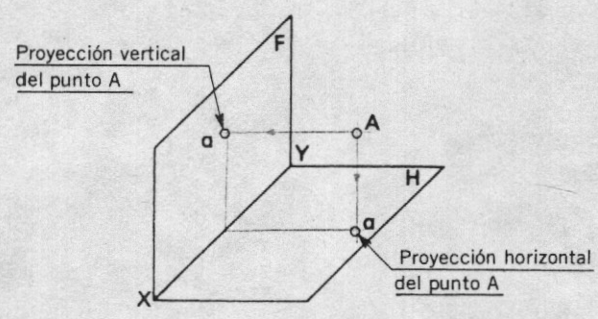


64■3 Proyecciones ortogonales de un punto

La proyección ortogonal* a del punto A sobre el plano H es el pie de la perpendicular bajada del punto A al plano H. a se llama **PROYECCIÓN HORIZONTAL** del punto A.

La proyeción ortogonal a' del punto A sobre el plano F es el pie de la perpendicular trazada desde el punto A al plano F. a' se llama **PROYECCIÓN VERTICAL** del punto A.

Las rectas Aa y Aa' se llaman **PROYECTANTES** del punto A.



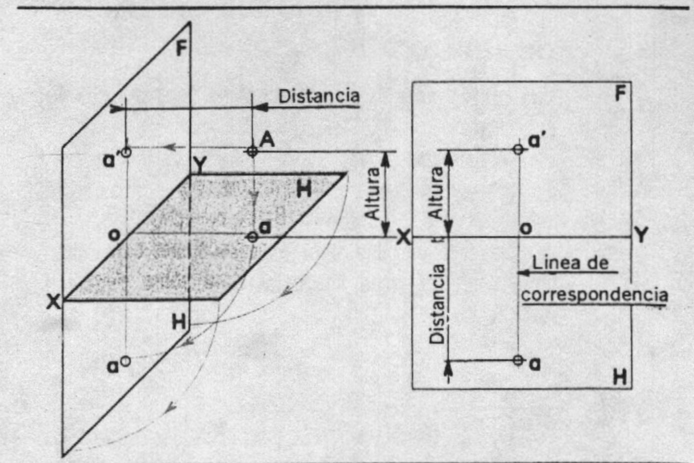
* Ver léxico.

64▪31 Dibujo del punto A

Para obtener la representación del punto A se hace girar el plano H alrededor de XY hasta que coincida con el plano F. La línea aa' que une las proyecciones del punto A se llama **LÍNEA DE CORRESPONDENCIA.**

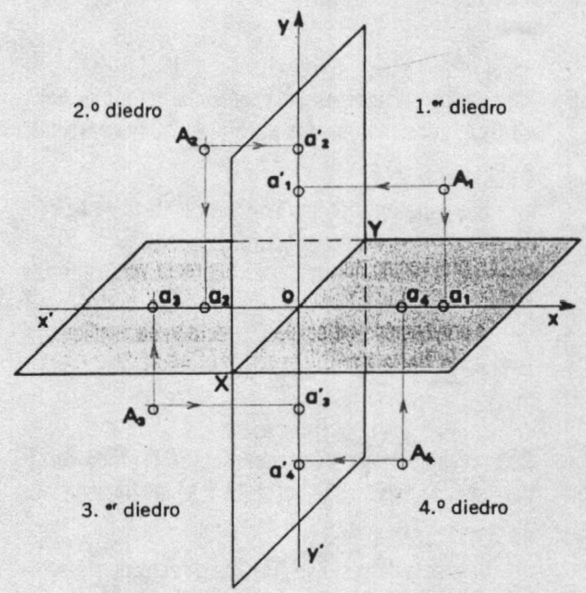
Los puntos a y a' no pueden ser las proyecciones de un punto A del espacio más que si se hallan sobre una misma línea de correspondencia.

La magnitud Aa se denomina **COTA** del punto A y la magnitud Aa', **DISTANCIA.**



OBSERVACIÓN:

En ocasiones los puntos estudiados no están todos situados en el primer diedro. La cota y la distancia de un punto se consideran entonces algébricamente con relación a un sistema ficticio de ejes perpendiculares. Dichos ejes pasan por las proyecciones del punto y el origen está en la línea de tierra.



EJEMPLOS:

Un punto A_1 situado en el primer diedro tiene positivas su cota y su distancia.

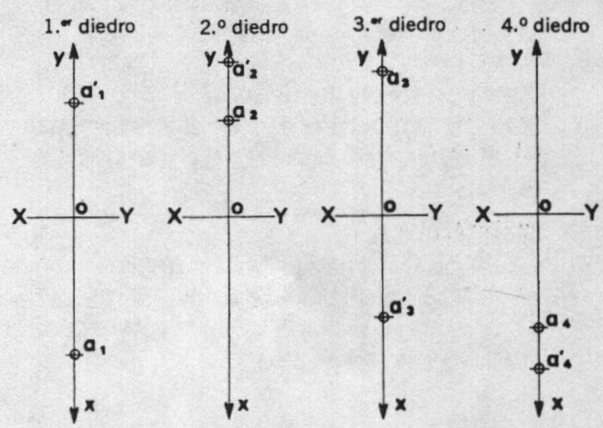
Un punto A_2 situado en el segundo diedro tiene su cota positiva y su distancia negativa.

Un punto A_3 situado en el tercer diedro tiene negativas su cota y su distancia.

Un punto A_4 situado en el cuarto diedro tiene su cota negativa y su distancia positiva.

64▪32 Normas relativas a la delineación en los dibujos

Las normas relativas a los tipos y anchura de las líneas coinciden con las del dibujo técnico (ver capítulo 5). Sin embargo en un dibujo de geometría descriptiva se dejan sin borrar las líneas de construcción así como las de correspondencia. Estas líneas se dibujan en trazo fino (e $\approx$ 0,15).



Las normas relativas al color de las líneas, generalmente son:

- dibujo de la pieza en negro.
- líneas de construcción en azul.
- líneas de referencia en negro.

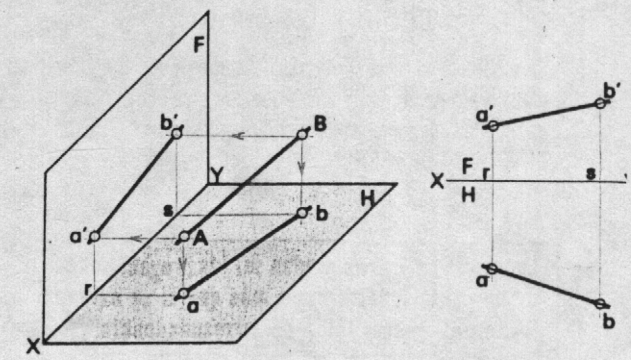
64■4 Proyecciones diédricas de una recta

Una recta* está determinada si se conocen dos de sus puntos.

Para obtener las proyecciones diédricas de una recta:

■ proyectar dos puntos de la misma sobre cada uno de los planos H y F (puntos A y B por ejemplo).

■ unir mediante una recta las proyecciones obtenidas, tanto sobre el plano horizontal como sobre el plano vertical.



64■41 Posiciones particulares de la recta

64■411 Recta vertical

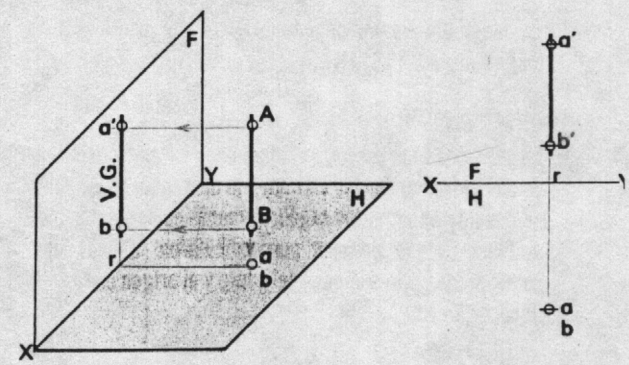
Una recta vertical es perpendicular al plano horizontal y por consiguiente paralela al plano vertical.

OBSERVACIONES:

■ Una recta vertical se proyecta en verdadera magnitud (V. M.) sobre el plano vertical F.

■ La proyección horizontal de una recta vertical es un punto.

■ La proyección vertical de una recta es perpendicular a la línea de tierra XY.



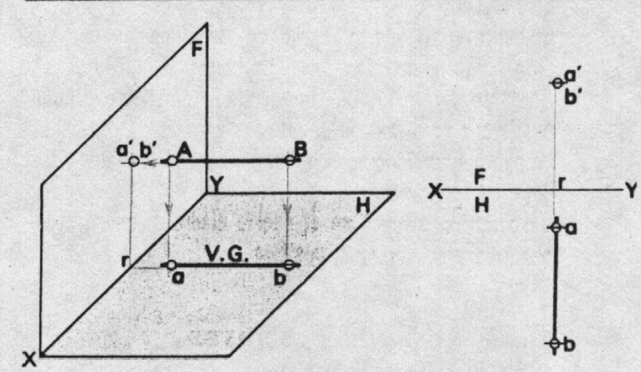
64■412 Recta de canto

Una recta de canto es perpendicular al plano vertical y, por consiguiente paralela al plano horizontal.

OBSERVACIONES:

■ Una recta de canto se proyecta en verdadera magnitud (V. M.) sobre el plano horizontal H.

■ La proyección horizontal de una recta de canto es perpendicular a la línea de tierra XY.



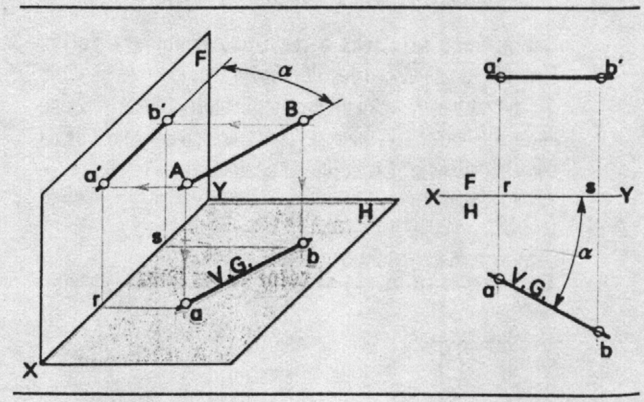
64■413 Recta horizontal

Una recta horizontal es paralela al plano horizontal; el ángulo α que forma con el plano vertical es cualquiera.

OBSERVACIONES:

■ Una recta horizontal se proyecta en verdadera magnitud (V. M.) sobre el plano horizontal H.

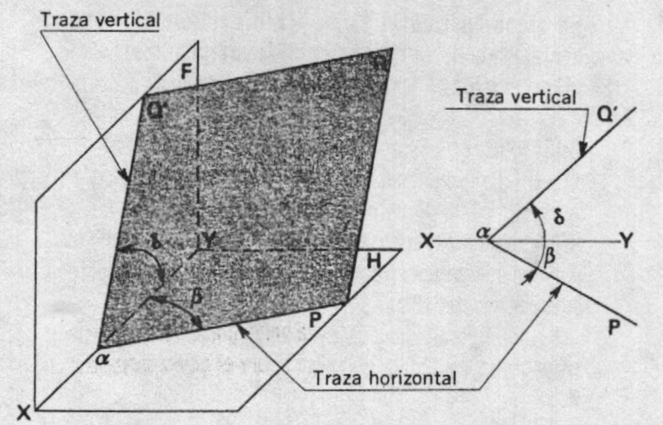
■ La proyección vertical (a' b') de una recta horizontal es paralela a la línea de tierra XY.



* Ver léxico.

64.52 Trazas de un plano

Las trazas de un plano son las rectas de intersección con los planos de proyección H y F.



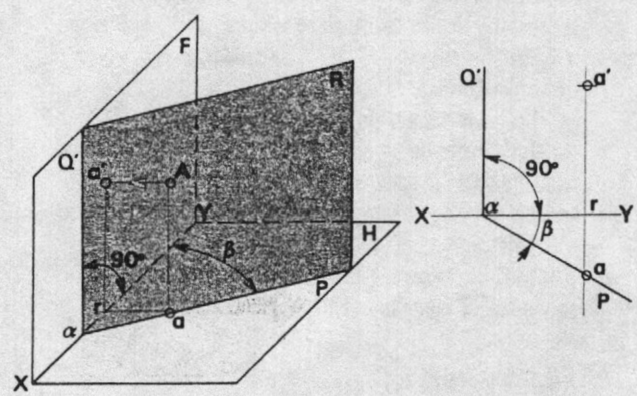
OBSERVACIONES:

- Pα y αQ' se denominan respectivamente **trazas horizontal y vertical del plano R.**
- Las dos trazas Pα y αQ' se cortan sobre la línea de tierra XY.
- La representación de un plano por sus trazas equivale a definirlo por dos rectas (αQ, αQ') y (αP, αP') concurrentes en α.
- Las proyecciones αP' y αQ se confunden con la línea de tierra. Con el fin de no recargar los dibujos se omite habitualmente el rotular dichas proyecciones.
- La determinación de las trazas de un plano definido por dos rectas concurrentes se indica en el § 66.43.

64.53 Posiciones particulares del plano

64.531 Plano vertical

Un plano vertical es perpendicular al plano horizontal H; el ángulo β que forma con el plano vertical F es cualquiera.

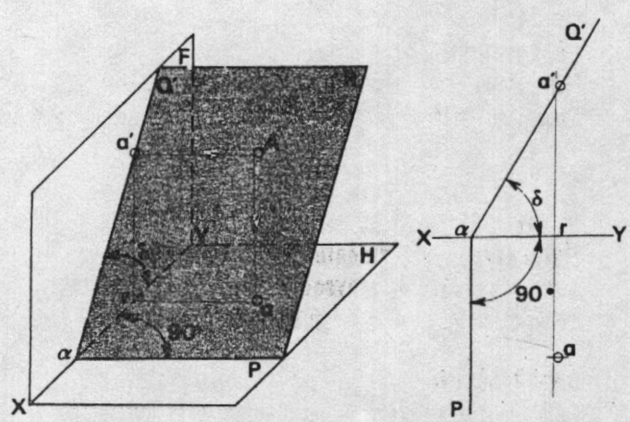


OBSERVACIONES:

- Cualquier punto de un plano vertical se proyecta horizontalmente sobre la traza horizontal del mismo. Por ejemplo, la proyección horizontal a de un punto A del plano R se encuentra sobre la traza horizontal αP.
- La traza vertical αQ' de un plano vertical R es perpendicular a la línea de tierra XY.

64.532 Plano de canto

Un plano de canto es perpendicular al plano vertical F; el ángulo δ **que forma con el plano horizontal H es cualquiera.**



OBSERVACIONES:

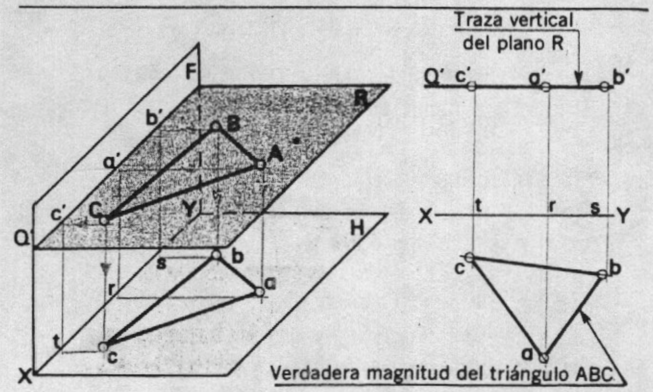
- Cualquier punto de un plano de canto se proyecta verticalmente sobre la traza vertical del mismo. Por ejemplo la proyección vertical a' de un punto A del plano R se encuentra sobre su traza vertical αQ'.
- La traza horizontal αP de un plano de canto R es perpendicular a la línea de tierra XY.

64■533 Plano horizontal

Un plano horizontal es un plano paralelo al plano horizontal H; por consiguiente perpendicular al plano vertical F (caso particular de un plano de canto).

OBSERVACIONES:

- Un plano horizontal no tiene traza horizontal.
- Todo punto de un plano horizontal se proyecta verticalmente sobre la traza vertical del mismo. Por ejemplo la proyección vertical a′ de un punto A del plano R está sobre su traza frontal Q′.
- Toda figura plana contenida en un plano horizontal se proyecta en verdadera magnitud sobre el plano horizontal H.

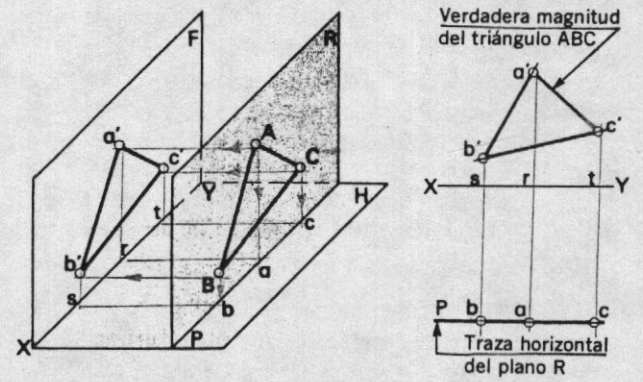


64■534 Plano frontal

Un plano frontal es paralelo al plano vertical F; por consiguiente es perpendicular al plano horizontal H (caso particular de un plano vertical).

OBSERVACIONES:

- Un plano frontal no tiene traza vertical.
- Todo punto de un plano frontal se proyecta horizontalmente sobre la horizontal del mismo. Así, la proyección horizontal a de un punto A del plano R está sobre la traza horizontal P.
- Toda figura contenida en un plano frontal se proyecta en verdadera magnitud sobre el plano vertical F.

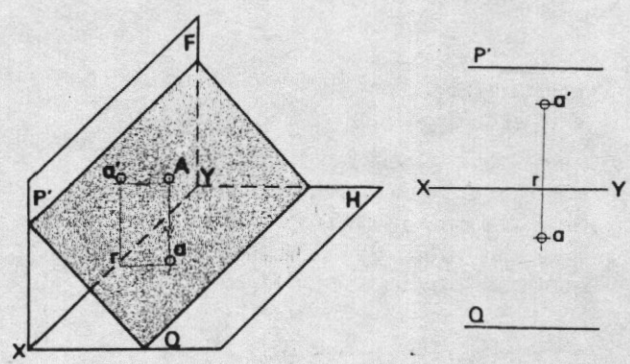


64■535 Plano paralelo a la línea de tierra

Un plano paralelo a la línea de tierra tiene sus dos trazas paralelas a XY.

OBSERVACIÓN:

Las proyecciones (a, a′) de un punto A, cualquiera, del plano R, no están, en general, sobre las trazas del mismo.

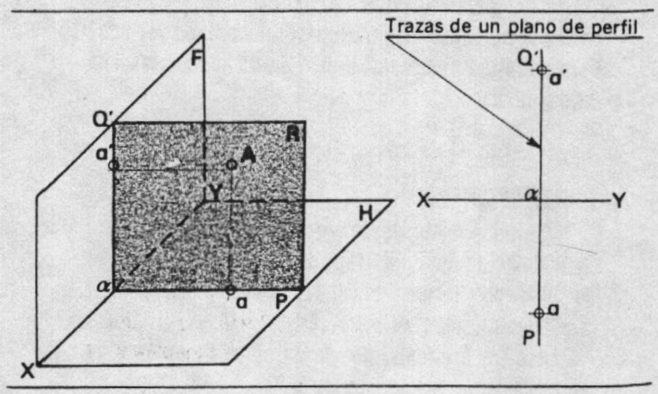


64■536 Plano de perfil

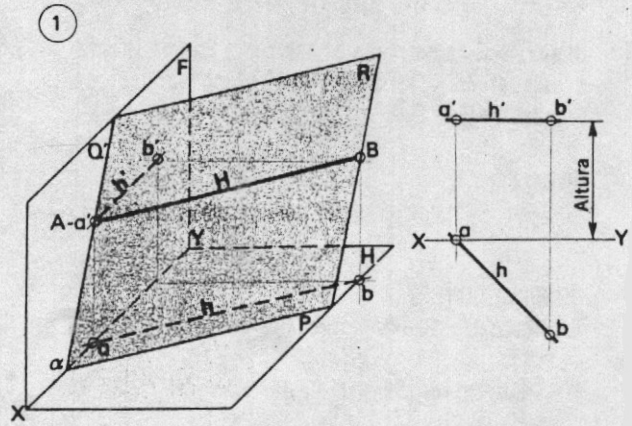
Un plano de perfil es perpendicular a la línea de tierra XY; por consiguiente es perpendicular a la vez a los dos planos de proyección H y F (caso particular de un plano vertical, o de un plano de canto).

OBSERVACIÓN:

Todo punto de un plano de perfil se proyecta horizontalmente sobre la traza horizontal de dicho plano, y verticalmente sobre la traza vertical del mismo.



64■6 Rectas singulares de un plano



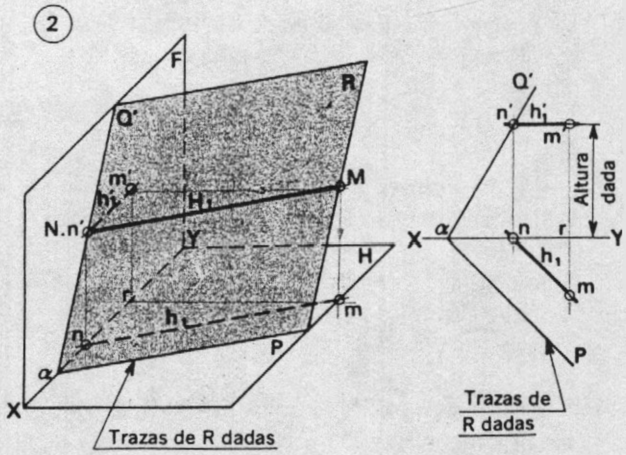
64■61 Horizontales de un plano

Una horizontal de un plano es una recta que pertenece al plano y es paralela al plano horizontal de proyección H.

COROLARIO:
Todas las horizontales de un plano son paralelas entre sí.

OBSERVACIONES:

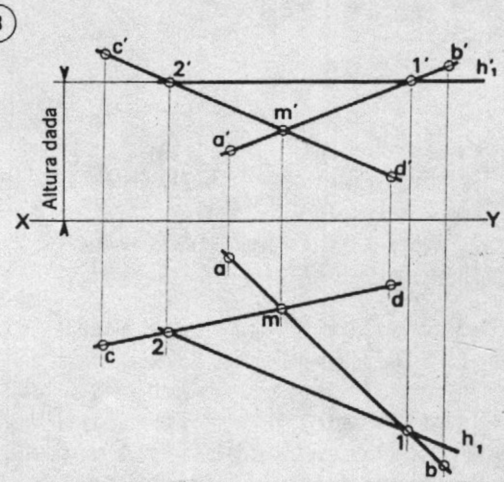
- Todos los puntos de una horizontal tienen la misma altura.
- La traza horizontal αP es la horizontal de altura cero.
- Las proyecciones horizontales de un plano R son paralelas entre sí y en particular a la traza αP del plano.
- Las proyecciones verticales de las horizontales de un plano R son paralelas entre sí y en particular a la línea de tierra XY.



64■611 Primer ejemplo (fig. 2)

Se trata de construir una horizontal H_1 de un plano R definido por sus trazas.
La construcción de las proyecciones de H_1 se efectúa por el siguiente orden:

1º Construir la proyección vertical h'_1, tomando la cota dada (paralela a XY).
2º n' es la intersección de h'_1 con αQ'.
3º Hallar la proyección horizontal n.
4º Por n trazar una paralela a αP.



64■612 Segundo ejemplo (fig. 3)

Se trata de construir una horizontal H_1 de un plano R definido por dos rectas concurrentes. La altura de H_1 es dada.
La construcción de las proyecciones de H_1 se efectúa por el siguiente orden:

1º Construir la proyección vertical h'_1. Ésta determina con las proyecciones verticales de las rectas (a'b') y (c'd') dos puntos 1' y 2'.
2º La proyección horizontal h_1 se determina mediante los puntos 1 y 2 obtenidos bajando las líneas de correspondencia desde los puntos 1' y 2'.

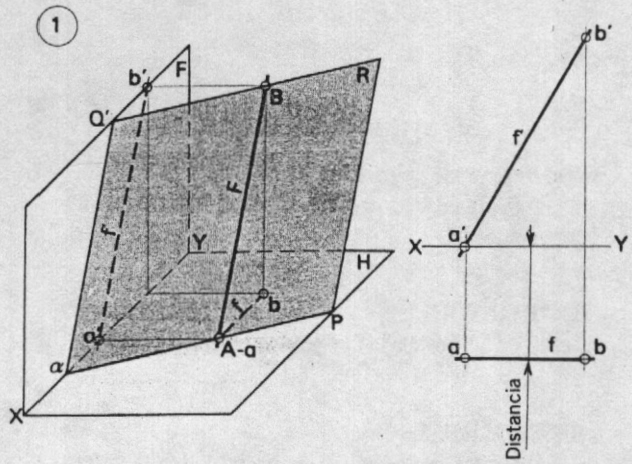
64■62 Frontales de un plano

Una frontal de un plano es una recta que pertenece a este plano y es paralela al plano vertical de proyección F.

COROLARIO:
Todas las frontales de un plano son paralelas entre sí.

OBSERVACIONES:

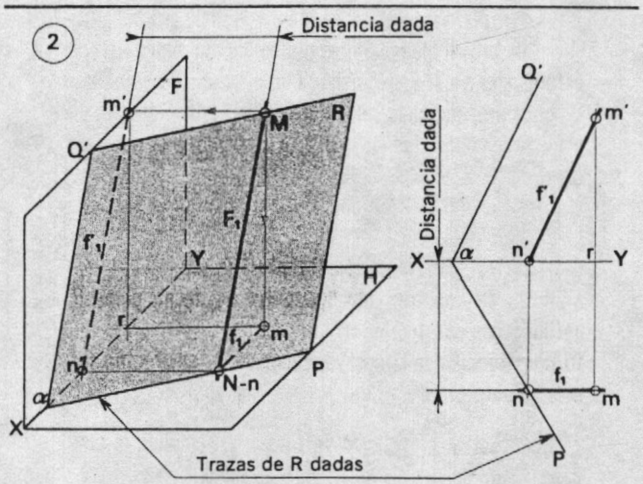
- ■ Todos los puntos de una frontal tienen la misma distancia.
- ■ La traza vertical ∝Q′ es la frontal del plano de distancia cero.
- ■ Las proyecciones horizontales de las frontales de un plano R son paralelas entre sí y en particular a la línea de tierra XY.
- ■ Las proyecciones verticales de las frontales de un plano R son paralelas entre sí y en particular a la traza vertical ∝Q′.



64■621 Primer ejemplo (fig. 2)

Se trata de construir una frontal F_1 de un plano R definido por sus trazas.
La distancia de F_1 es dada.
La construcción de las proyecciones de F_1 se efectúa por el siguiente orden:

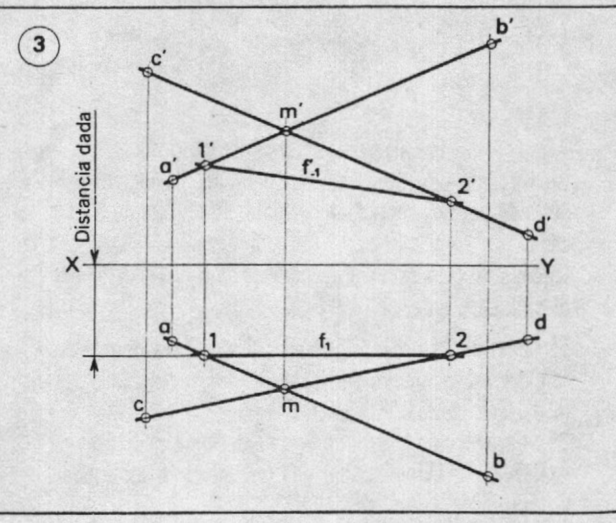
1º Construir la proyección horizontal f_1 tomando la distancia dada (paralela a XY).
2º n es la intersección de f_1 y de ∝P.
3º Construir la proyección vertical n′.
4º Por n′ trazar una paralela a ∝Q′.



64■622 Segundo ejemplo (fig. 3)

Se trata de construir una frontal F_1 de un plano R definido por dos rectas concurrentes AB y CD. La distancia de F_1 es conocida.
La construcción de las proyecciones de F_1 se efectúa por el siguiente orden:

1º Construir la proyección horizontal f_1 tomando la distancia dada. Ella determina con las proyecciones horizontales de las rectas (ab) y (cd) dos puntos 1 y 2.
2º La proyección vertical f'_1 viene determinada por los puntos 1′ y 2′ obtenidos trazando las líneas de correspondencia que parten de los puntos 1 y 2.



64.63 Líneas de máxima pendiente

64.631 Definición del rectilíneo de un diedro

Si desde un punto A cualquiera de la traza αP se traza en los planos R y H las perpendiculares AB y AC a αP, el ángulo CAB formado por dichas rectas se llama rectilíneo del diedro formado por los planos R y H.

OBSERVACIÓN:

Desplazando el punto A a lo largo de αP, se pueden construir infinitos rectilíneos iguales.

64.632 Definición de línea de máxima pendiente de un plano

La línea de máxima pendiente de un plano R es uno de los lados del rectilíneo del diedro formado por el plano R con uno de los planos de proyección.

Así, la línea AB es una línea de máxima pendiente de R con relación a H.

64.633 Construcción de una línea de máxima pendiente de R con relación a H

El plano R viene dado por sus trazas $P\alpha Q'$ (fig. 1).

Una línea de máxima pendiente AB es por definición perpendicular a αP que es una horizontal de R.

Una línea de máxima pendiente de R con relación a H es pues perpendicular a todas las horizontales del plano R.

En el dibujo la construcción se efectúa por el siguiente orden:

1º Por un punto a, elegido sobre αP, trazar una perpendicular. Se obtiene así la proyección horizontal ac de una línea de máxima pendiente.

2º Trazar una horizontal (h_1, h'_1) cualquiera (§ 64.611).

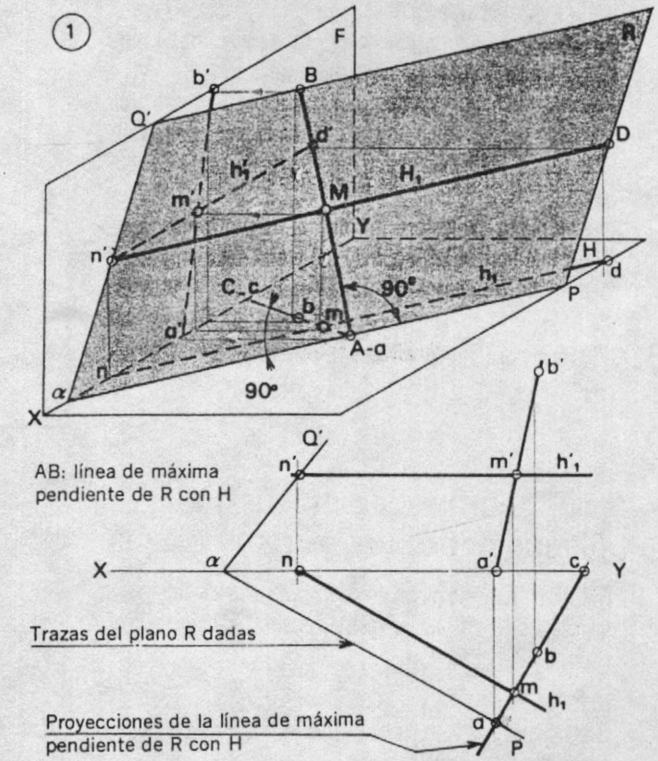
3º La proyección vertical de la línea de máxima pendiente queda determinada por los puntos a' y m' (la proyección horizontal m, era conocida; para determinar m' basta con levantar una línea de correspondencia hasta h_1').

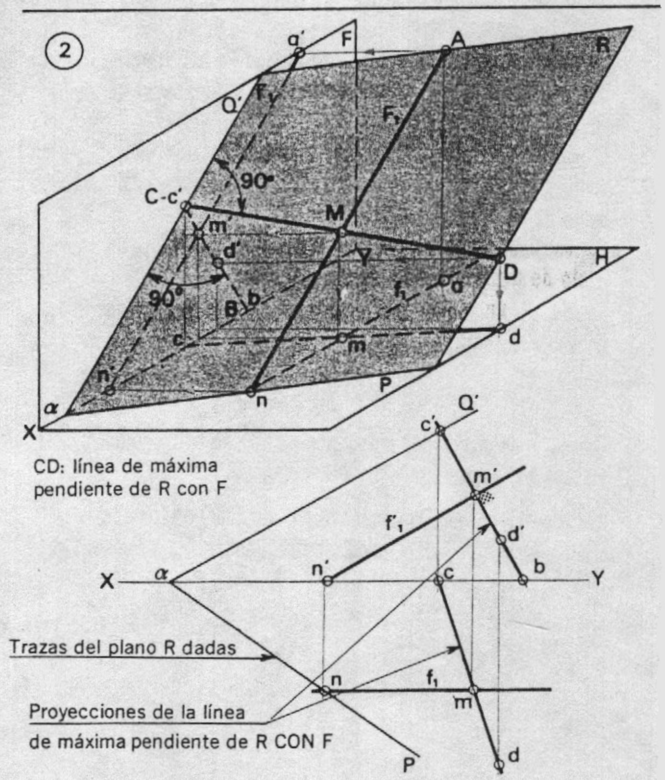
64.634 Construcción de una línea de máxima pendiente con relación a F

El plano R viene dado por sus trazas $P\alpha Q'$ (fig. 2).

Una línea de máxima pendiente de R con F es perpendicular a todas las frontales del plano R.*

El procedimiento a seguir es análogo al del párrafo precedente.





* Se la designa con frecuencia **«línea de máxima inclinación»**.

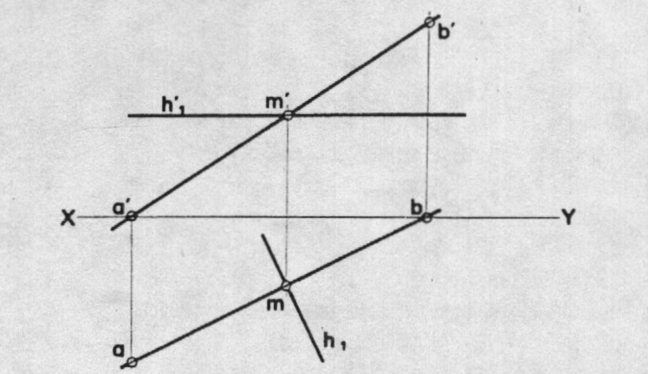
OBSERVACIÓN IMPORTANTE:

Un plano queda completamente determinado por una de sus líneas de máxima pendiente.

Supongamos, por ejemplo, las proyecciones (ab, a'b') de una línea pendiente de un plano R con el plano de proyección H. Es fácil determinar una segunda recta de este plano.

Por un punto cualquiera (m, m') de (ab, a'b') se puede trazar una horizontal (h_1, h_1') del plano R. La proyección horizontal h_1 es perpendicular en m a ab (ver § 64.432 y 64.633).

El plano está definido ahora por dos rectas concurrentes.



64■7 Intersección de dos planos definidos por sus trazas

Nos encontramos aquí en un caso particular de intersección de dos superficies. El método general se expone en el capítulo 68.

Supongamos que se trata de buscar la intersección de dos planos S_1 y S_1 definidos por sus trazas:

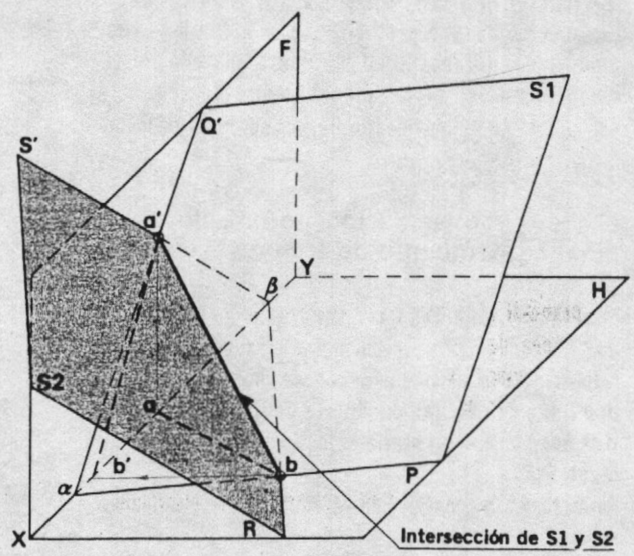
PαQ' las de S_1, y RβS' las de S_2.

Se sabe que la intercesión de dos planos es una recta y que una recta queda completamente determinada si se conocen dos de sus puntos.

El punto a', intersección de las trazas αQ' y βS' es un punto común a los planos S_1 y S_2; por consiguiente es un punto de la intersección buscada.

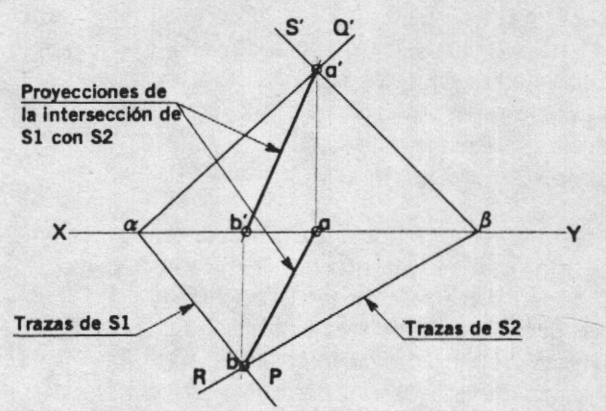
Por un razonamiento análogo se ve que es igualmente un punto de dicha intersección.

Siendo a' un punto del plano vertical, su proyección horizontal a, está sobre XY.



Siendo b un punto del plano horizontal, su proyección vertical b', está sobre XY.

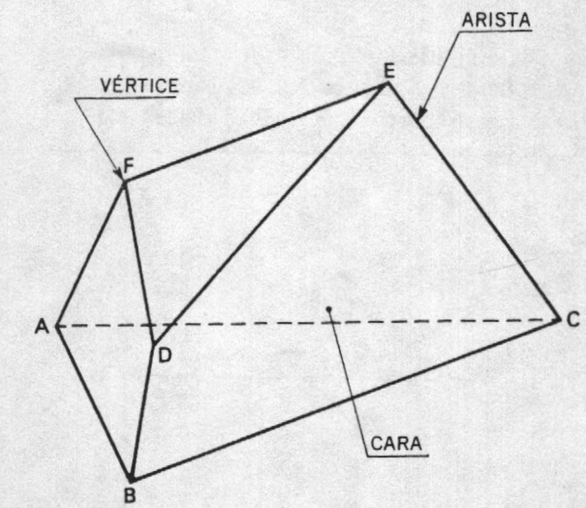
Las proyecciones de la intersección (ab, a'b') de los dos planos S_1 y S_2 quedan, pues , determinadas.



65 Representación de los cuerpos geométricos corrientes

65■1 Objeto de este estudio

Las piezas mecánicas se componen en su mayor parte de cuerpos geométricos simples: Prismas, cilindros, conos, etc. Por tanto, es útil saber representar correctamente los distintos cuerpos. Más tarde, los conocimientos adquiridos serán aplicados a la representación de piezas más complicadas.



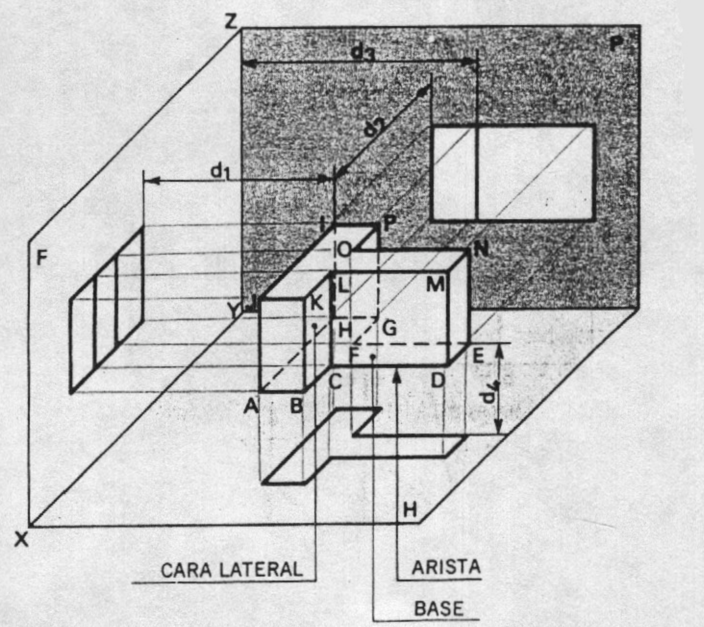
65■2 Representación de poliedros

65■21 Definición

Un poliedro es un sólido limitado por planos. Estos planos se llaman **CARAS** del poliedro (ejemplos: ABC, BDEC, ACEF, FDE).
La intersección de dos caras se denomina ARISTA (ejemplos: AB, BC, BD, etc.).
Los puntos de unión de las aristas se llaman VÉRTICES (ejemplos: A, B, C, etc.).
Un cubo, un paralelepípedo, una pirámide, etc., son poliedros.

65■22 Método

Se representa un poliedro mediante las diversas caras que lo componen. La proyección de cada cara se determina uniendo de modo conveniente la proyección de cada uno de sus vértices mediante rectas.



65■23 Ejemplos

65■231 Representación de un prisma

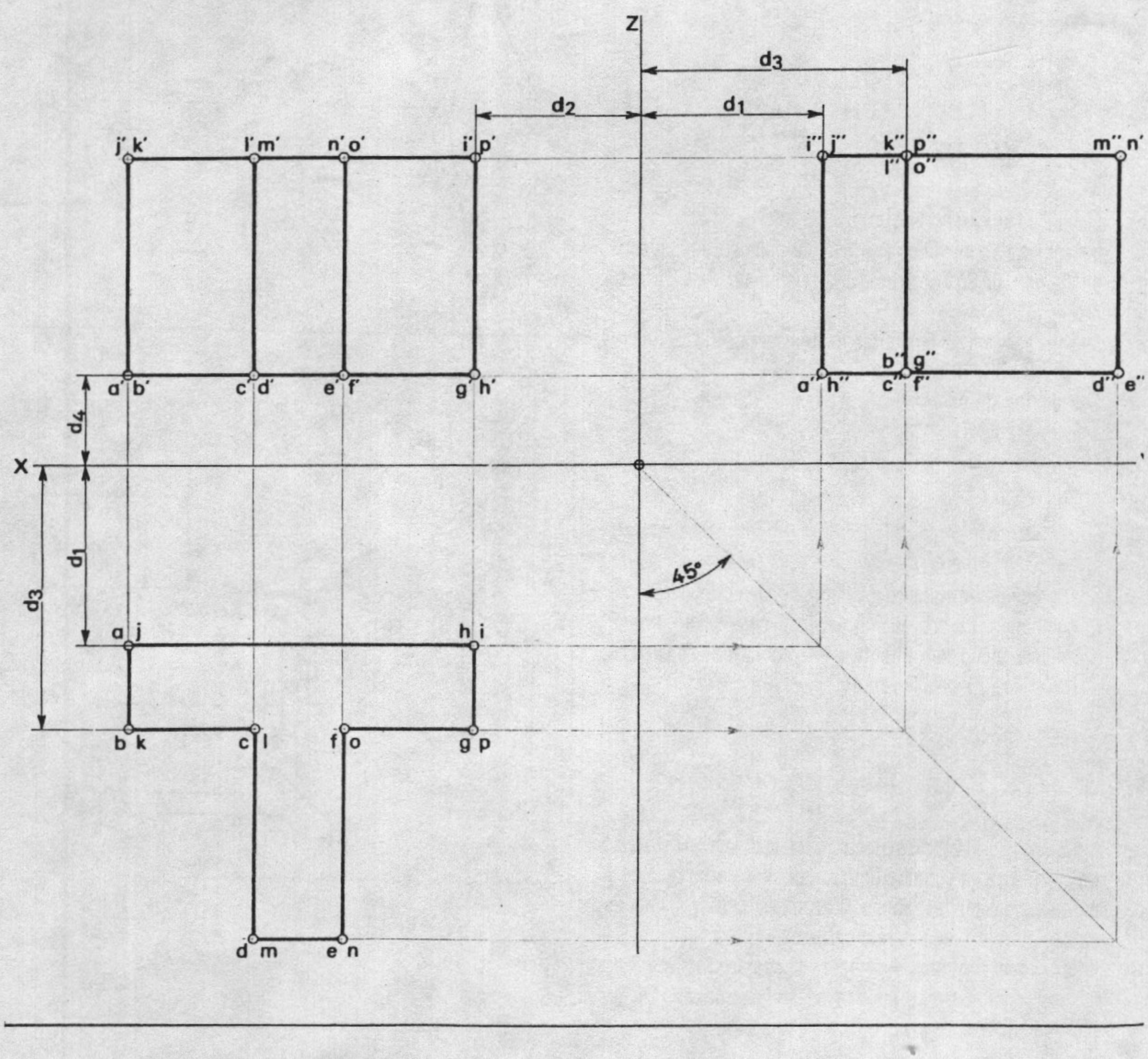
Un prisma es un poliedro limitado por dos caras iguales y paralelas, llamadas bases. Las otras caras, llamadas caras laterales, son paralelogramos.
Se dice que el prisma es «recto» si sus aristas laterales son perpendiculares a las bases. Un lápiz hexagonal, un perfil en T (ver figura), etc., son prismas.

Los tres planos de proyección F (plano vertical), H (plano horizontal), P (plano de perfil) quedan definidos en la vista en perspectiva de la página precedente.
El método aplicado es el indicado en el párrafo 65.22.

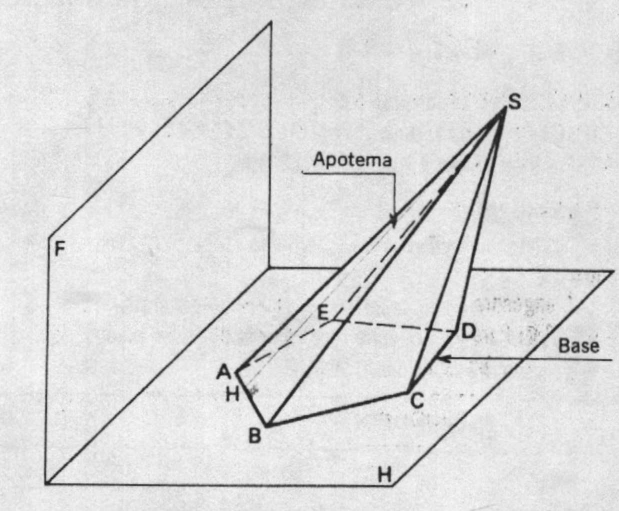
La representación de la proyección del prisma sobre el plano de perfil P, se ha conseguido haciendo girar P alrededor de YZ hasta la coincidencia con el plano vertical.

TRANSPORTE DE LAS DISTANCIAS (d1, d3, etc.).
Se pueden transportar las distancias: bien directamente con el compás (método preciso y rápido), bien utilizando una línea inclinada a 45º (método claro pero menos preciso).

OBSERVACIONES:
En dibujo técnico y para este ejemplo, se denominarían:
– la proyección vertical: vista de frente
– la proyección horizontal: vista superior
– la proyección sobre el plano de perfil: vista lateral izquierda.
En un dibujo técnico, no hay necesidad de representar los planos de proyección, las líneas de correspondencia, ni de denominar los vértices.



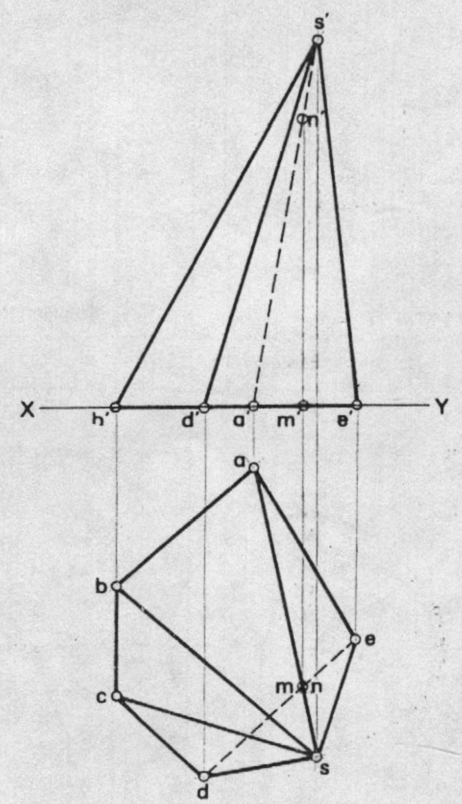
65.232 Representación de una pirámide



DEFINICIONES PREVIAS:
Una pirámide es un poliedro limitado por un polígono plano ABCDE, llamado **BASE,** y por dos caras laterales triangulares que tienen un punto común S, llamado **VÉRTICE.** La altura de cada cara triangular se llama **APOTEMA.**

REPRESENTACIÓN;
Se aplica el método indicado en el párrafo 65.22. La proyección del vértice (s, s') y de los puntos (a, a'), (b, b'), (c, c') ... (e, e'), del polígono de la base no presenta dificultad.

65.233 Vistos y ocultos



El contorno aparente de un sólido siempre se dibuja con línea continua.

Para la pirámide representada se llama:
- **Contorno aparente sobre el plano horizontal H** el polígono seabcd.
- **Contorno aparente sobre el plano vertical F** el polígono s'b'e'.

Si dos aristas se cortan en el interior del contorno aparente, pero no se cortan en el espacio, una de ellas es vista y la otra oculta.

Por ejemplo, en la proyección horizontal de los dos puntos mn confundidos, pertenecientes uno a la arista de y el otro a la sa, sólo es visible el de mayor cota.

Cuando el vértice se encuentra en el interior del contorno aparente, todas las aristas que parten de este vértice son vistas si el vértice es visto y son ocultas si el vértice es oculto.

65■3 Representación de los sólidos de revolución

65■31 Definición

Un sólido es engendrado por una superficie plana S limitada por una línea L, al girar alrededor de un eje XX' de su plano y que no corta a L.

OBSERVACIONES:

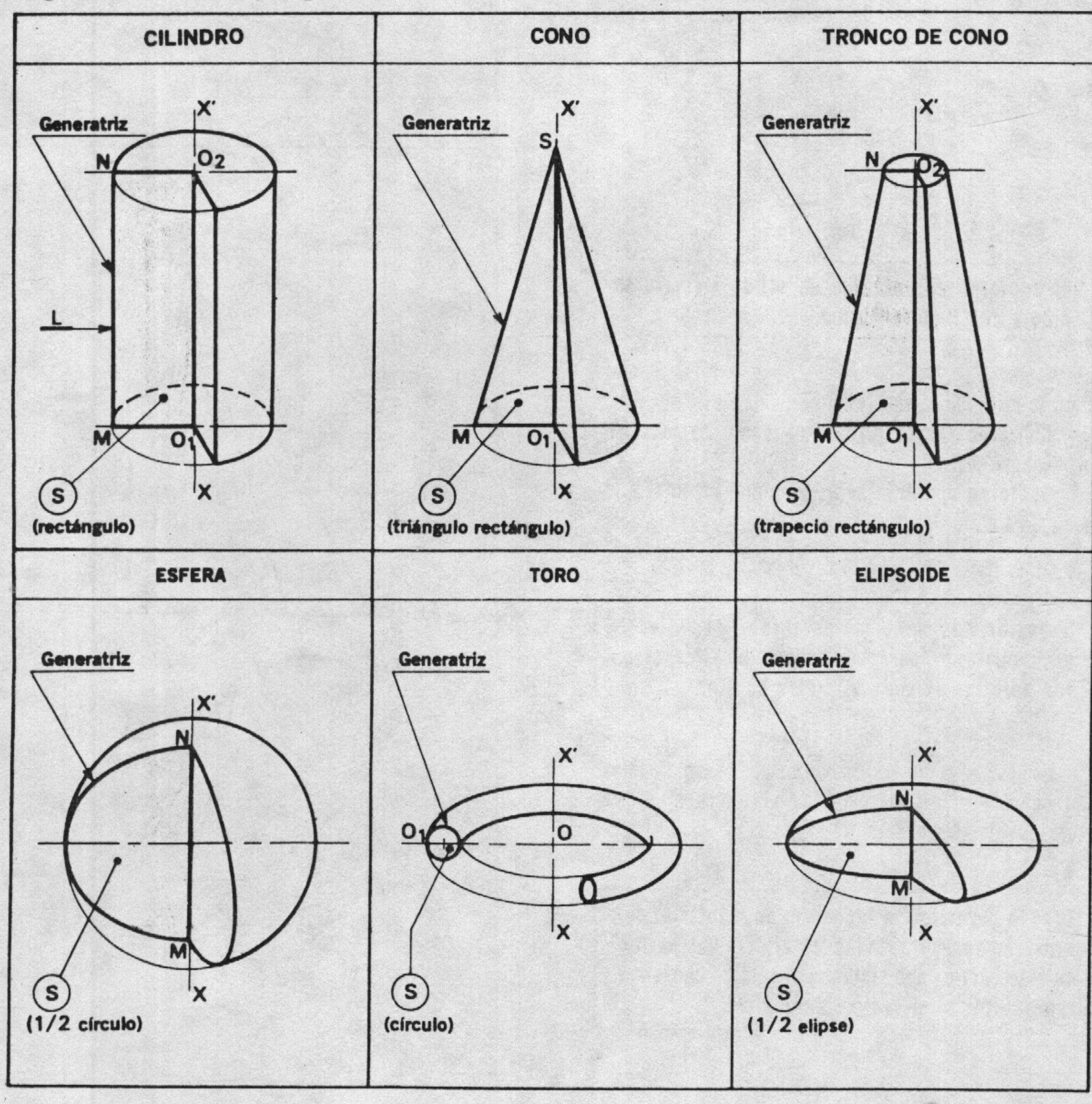
■ S engendra un volumen y se llama «superficie generatriz».

■ L engendra una superficie y se llama «generatriz».

EJEMPLO: Para un cilindro recto limitado por dos planos la generatriz es la línea O_1MNO_2.

Para el cilindro sin más, la generatriz es MN.
Para las bases el radio generador es O_1M ó O_2N.

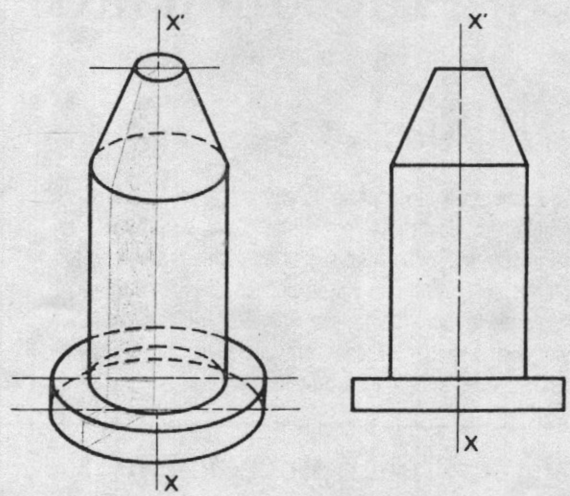
> **Todo punto de la generatriz L describe, en un plano perpendicular al eje, una circunferencia que tiene su centro en el eje XX'.**
> **Por consiguiente, la intersección de una superficie de revolución, con un plano perpendicular al eje es un círculo o una corona cuyo centro está en el eje.**



65■32 Representación de un sólido de revolución

Para representar y determinar completamente un sólido de revolución es suficiente una sola proyección, siempre que el plano de proyección sea paralelo al eje XX′.

Es necesario dibujar el eje XX′ y en el momento de acotar poner delante de las cifras que indiquen diámetros, el signo ∅.

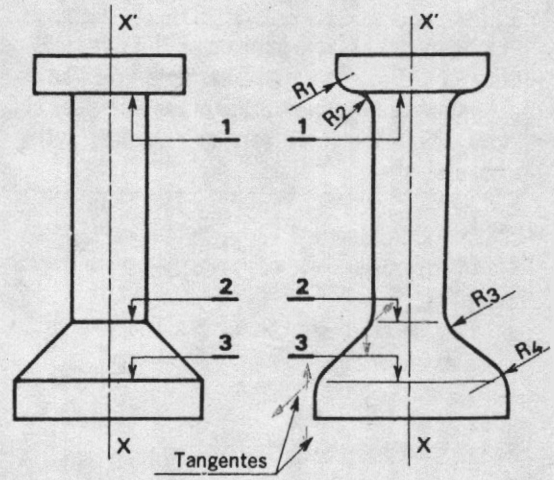


65■33 Caso particular: aristas ficticias

La arista 1 se representa porque los arcos R_1 y R_2 enlazan dando una tangente perpendicular al eje XX′.

Por el contrario, los arcos R_3 y R_4 enlazan dando lugar: bien a una tangente paralela a XX′, bien a una tangente inclinada con relación a XX′. No existen por consiguiente las aristas 2 y 3. Se puede, sin embargo, para facilitar la comprensión de la forma de la pieza, dibujar las aristas suprimidas, en trazo fino hasta 1 ó 2 mm. de contorno aparente. Dichas aristas se llaman FICTICIAS.

OBSERVACIÓN:
Una arista ficticia no se representa si es oculta.



66 Procedimientos de transformación

66■1 Utilidad

Lo expuesto hasta aquí no se permite resolver todos los problemas. Una recta, por ejemplo, no se proyecta en verdadera magnitud más que si es paralela a uno de los planos de proyección. No se conoce pues, la verdadera magnitud de una recta cualquiera en el espacio. Con vistas a disponer de unas proyecciones favorables, se sustituye el sistema de proyección primitivo por otro, elegido entre los tres que se exponen a continuación. **Se eligirá el que se considere como más idóneo, por su claridad y comodidad, para el problema que se considere.**

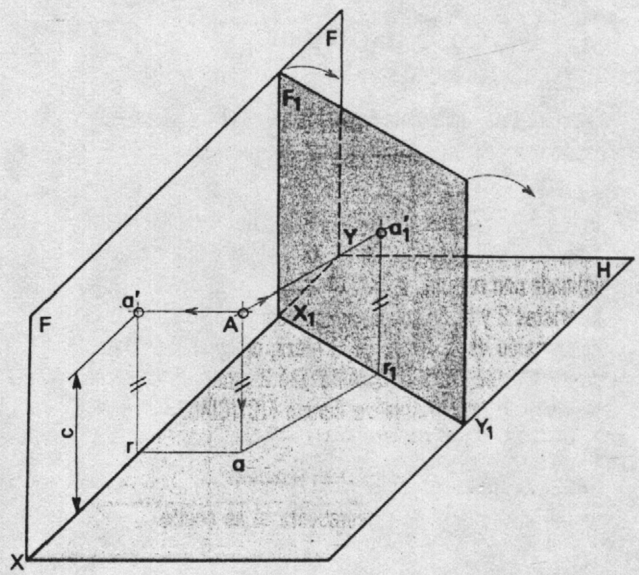
El capítulo 67 trata de las aplicaciones prácticas de estos procedimientos.

66■2 Primer procedimiento: cambio de planos

La figura del espacio permanece fija y se modifica la posición de los planos de proyección. Los planos se cambian, primero uno y después el otro, manteniendo la perpendicularidad entre ambos.

OBSERVACIONES:

- ■ No se puede cambiar más que un solo plano en cada operación.
- ■ Normalmente basta con cambiar uno sólo de los planos de proyección.

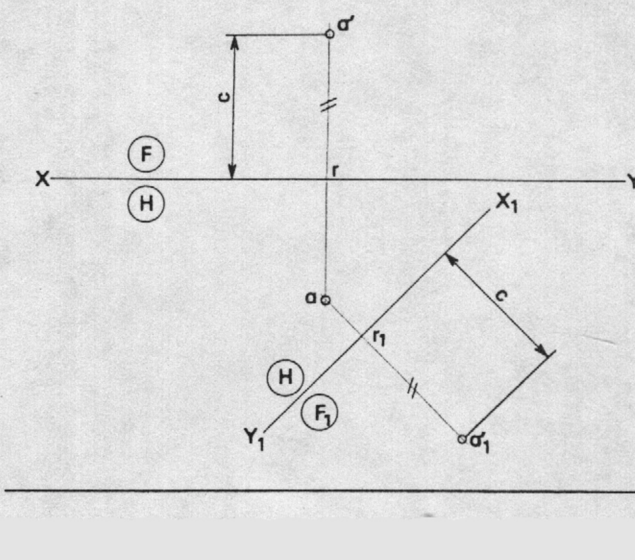


66■21 Cambio de plano para un punto

66■211 Cambio de plano vertical

Cambiar de plano vertical F, es elegir un nuevo plano vertical F_1 sobre el que proyectar la figura.
El plano horizontal de proyección H se conserva.
La representación se obtiene haciendo girar el plano F_1, alrededor de la nueva línea de tierra X, Y, hasta coincidir con el plano H.
Sea a′, la proyección de A sobre F_1.
Por construcción, se tiene:
$ra' = r_1a'_1 =$ altura del punto $A = c$.

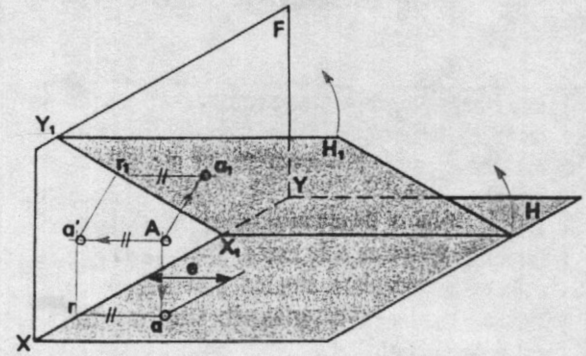
PERMANECE	CAMBIA
Proyección horizontal **Altura**	**Línea de tierra XY** **Proyección vertical** **Distancia**



66■212 Cambio de plano horizontal

Cambiar de plano horizontal H, es elegir un plano de canto como nuevo plano horizontal H_1, sobre el que proyectar la figura.

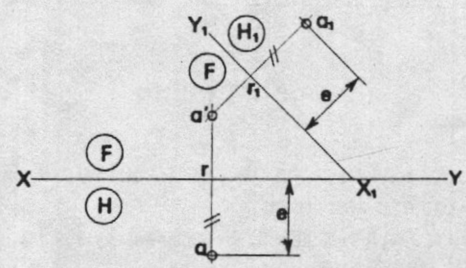
El plano vertical de proyección se conserva. La representación se obtiene haciendo girar el plano H_1 alrededor de la nueva línea de tierra X_1Y_1 hasta coincidir con el plano F.



Sea a_1 la proyección de A sobre el plano H_1.

Por construcción se tiene:

$ra = r_1a_1 =$ distancia del punto $A = e$.

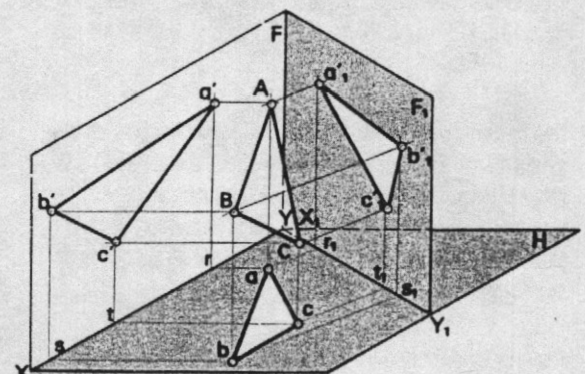


PERMANECE	VARÍA
Proyección vertical **Distancia**	**Línea de tierra XY** **Proyección horizontal** **Altura**

66■22 Cambio de plano para una figura cualquiera

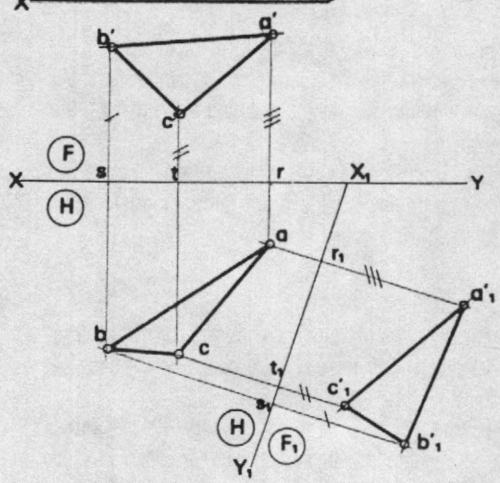
66■221 Método

Para proyectar una figura cualquiera sobre un nuevo plano vertical F_1 (o sobre un nuevo plano horizontal H_1) es necesario y suficiente proyectar todos los puntos que la determinan.



Por ejemplo: para una recta, dos puntos, para un triángulo, los tres vértices, etc.

Se procede para cada punto, tal como se ha indicado en los párrafos 66.211 o 66.212.



66■222 Ejemplo

Sea un triángulo ABC cuyas proyecciones sobre los planos H y F son respectivamente abc y a'b'c'. Determinar sus nuevas proyecciones $a'_1b'_1c'_1$ sobre otro plano vertical de proyección F_1.

REALIZACIÓN DEL DIBUJO:

El método aplicado es el del párrafo precedente. Se reduce a efectuar para cada uno de los tres puntos A, B y C un cambio de plano vertical (ver § 66.211).

66■3 Segundo procedimiento: giros

Los planos de proyección permanecen fijos. Se modifica la posición de la figura del espacio haciéndola girar alrededor de un eje previamente elegido.
Para facilitar el dibujo sólo se emplean ejes de rotación verticales o de canto. Si el eje de giro dado fuera cualquiera, efectuar previamente los cambios de plano necesarios para situarlo vertical o de canto.

66■31 Giro de un punto

66■311 Giro de un punto alrededor de un eje vertical

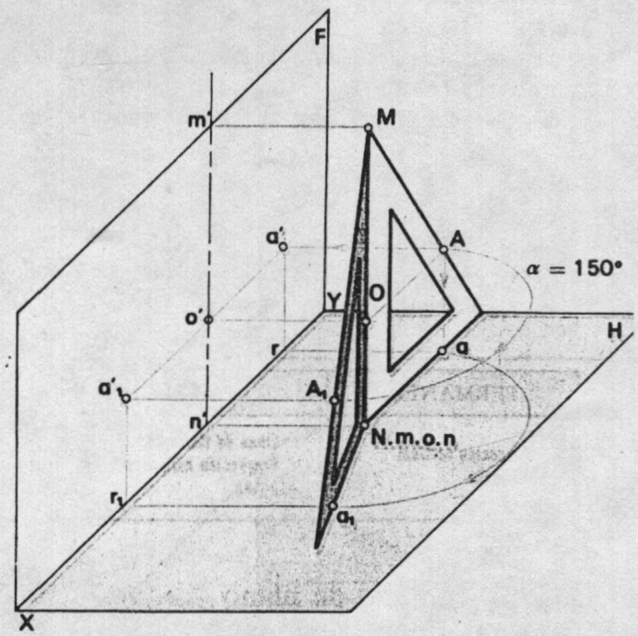
Sea un punto A dado por sus proyecciones a y a' sobre los planos de proyección H y F.
Determinar sus nuevas proyecciones a_1 y a_1' cuando se le hace girar un ángulo $\alpha = 150^o$ alrededor de un eje vertical MN.

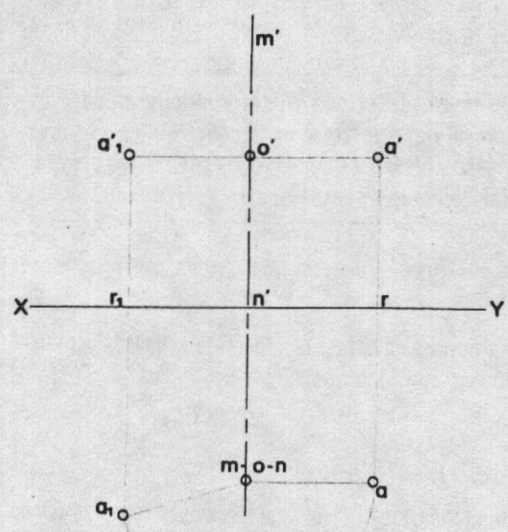
Una materialización simple del caso puede hacerse con la ayuda de una escuadra en la cual se señala un punto A y su proyección a. Con la ayuda del índice situado en su vértice M ponerla perpendicular a una tabla que representa el plano horizontal H. Hacer girar la escuadra alrededor de su cateto MN.

Resulta evidente:
- que la altura del punto A no varía, por consiguiente $Aa = A_1a_1$ y $ra' = r_1a'_1$.
- que el punto A describe un arco de circunferencia AA_1 situado en un plano perpendicular al eje MN, cuyo ángulo en el centro es $\alpha = 150^o$.

El arco de circunferencia AA_1 está situado en un plano horizontal (mn es una vertical); por tanto, se proyecta en verdadera magnitud sobre el plano H.

La construcción es muy simple.
La proyección a_1 se obtiene trazando un arco de circunferencia de centro o, y ángulo en el centro $\alpha = oaa_1 = 150^o$.
La proyección a'_1 se obtiene por intersección de la línea de referencia pasando por a_1 con una horizontal pasando por a' ($ra' = r_1a'_1$).



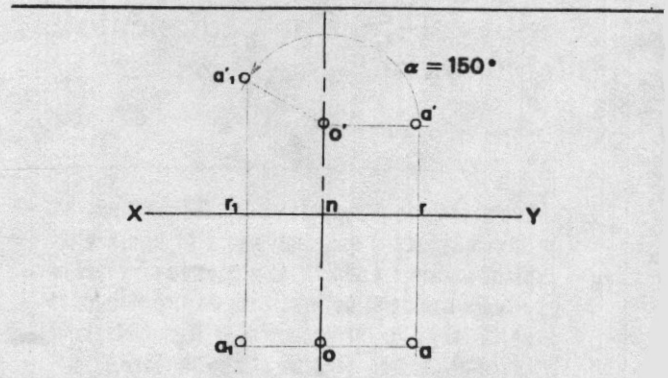


66.312 Rotación de un punto alrededor de un eje de canto

El caso es análogo al del párrafo precedente, salvo que la rotación del punto A se efectúa alrededor de un eje de canto. El razonamiento es también análogo.

El punto A describe un arco de circunferencia AA_1, situado en un plano cuyo ángulo en el centro es $\alpha = 150°$. La proyección de este arco sobre el plano vertical se observa en verdadera magnitud.

Los pasos de la construcción son los mismos que en el párrafo anterior.

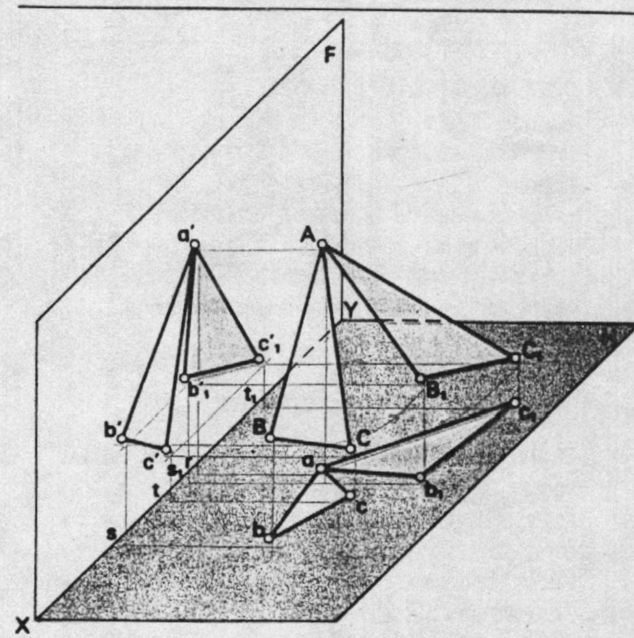


66.32 Giro de una figura cualquiera

66.321 Método

> **Para girar una figura cualquiera alrededor de un eje es necesario y suficiente girar todos los puntos que la determinan, un mismo ángulo dado.**

Por ejemplo: Para una recta dos puntos; para un triángulo, los tres vértices, etc.
Se procede para cada punto de igual forma a la indicada en los párrafos 66.311 o 66.312.



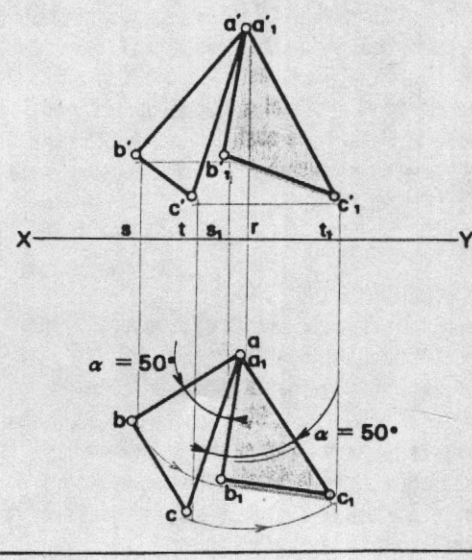
66.322 Ejemplo

Sea un triángulo ABC cuyas proyecciones sobre H y F son respectivamente abc y a'b'c'.

Determinar sus nuevas proyecciones $a_1b_1c_1$ y $a'_1b'_1c'_1$ cuando se le da un giro de $\alpha = 50°$ alrededor de un eje vertical que pasa por su vértice A.

OBSERVACIÓN PRELIMINAR:
El punto A se encuentra sobre el eje de rotación. Su posición permanece invariable; por tanto, A_1 coincide con A. Sus proyecciones también coinciden.

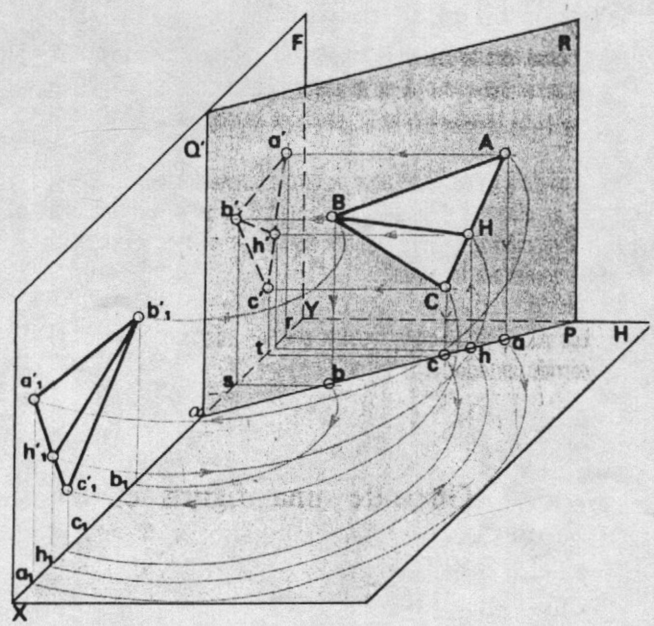
El método aplicado es el del apartado precedente. Lo que comporta dar a cada uno de los tres puntos A, B, y C un giro de ángulo $\alpha = 50°$ (§ 66.311).



66▪4 Tercer procedimiento: abatimientos

Sólo se aplica a figuras planas.

Los planos de proyección permanecen fijos. Se lleva el plano R que contiene a la figura a un plano paralelo a uno de los planos de proyección o sobre uno de ellos, mediante un giro alrededor de la recta de intersección de R con el plano sobre el cual se efectúa el abatimiento.



OBSERVACIONES IMPORTANTES:

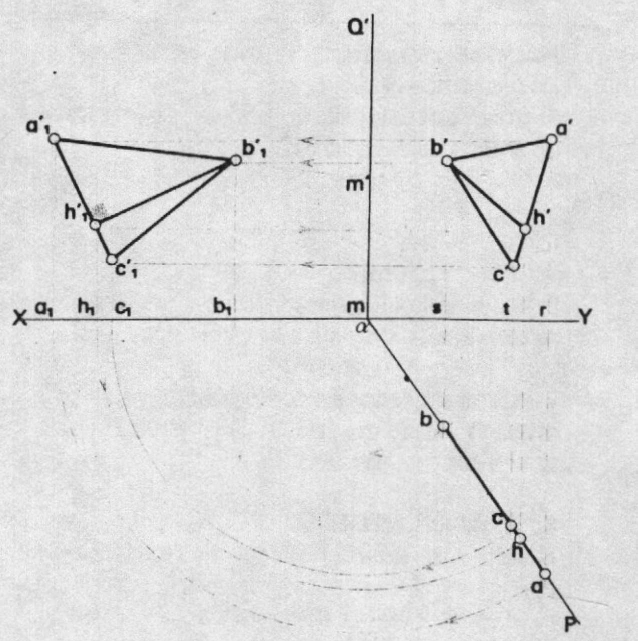
- Cuando se abate una figura plana sobre un plano, se obtiene sobre este plano la **verdadera magnitud de la figura.**
- Si es necesario se pueden efectuar sobre la figura abatida todas las construcciones habituales en geometría plana y luego pasar los resultados al plano primitivo de la figura. Esta operación se llama **«restitución».**

66▪41 Ejemplo sencillo

El plano que contiene la figura es perpendicular a uno de los planos de proyección.

Sea un triángulo ABC contenido en un plano vertical R y cuyas proyecciones sobre los planos H y F son respectivamente abc y a'b'c'. Determinar el abatido $a'_1b'_1c'_1$ del triángulo ABC sobre el plano F.

Abatir el plano R sobre el F, es hacerlo girar alrededor de su traza vertical $\alpha Q'$ hasta coincidir con F. Ello equivale, de hecho, a hacer girar los tres puntos ABC un ángulo $\widehat{P\alpha X}$ alrededor de un eje vertical $\alpha Q'$ (§ 66.311 y 66.312). Cuando el plano R queda abatido sobre el plano F, las proyecciones horizontales a, b, c se encuentran sobre la línea de tierra en a_1, b_1, c_1.



RESTITUCIÓN DE UN PUNTO

Supongamos ahora que se trata de determinar las proyecciones de la altura BH del triángulo ABC.

Esta cuestión se resuelve siguiendo las indicaciones dadas en el apartado 66.4. Se construye sobre el abatimiento la altura $b'_1h'_1$ y se restituye mediante una construcción inversa a la del abatimiento el punto h_1 de H sobre el plano R, siendo (h, h') sus proyecciones (ver **Observación** en la página siguiente).

OBSERVACIÓN IMPORTANTE:

Si se prolonga a′, b′, hasta su intersección con αQ′, este punto está fijo durante el giro ya que está sobre el eje. Por consiguiente, la prolongación de a′b′ pasa también por dicho punto.

Esta propiedad es interesante pues permite:

- bien comprobar las construcciones,
- bien facilitar su ejecución.

66-42 Abatimiento de un punto situado en un plano cualquiera

66-421 Abatimiento de un punto situado en un plano cualquiera, sobre el plano H

Se trata de determinar el abatido a_1 sobre el plano H de un punto A perteneciente a un plano R cualquiera. Consiste en hacer girar A alrededor de α P hasta situarlo en H. En esta rotación, el punto A describe un arco de circunferencia Aa_1 de radio $hA = ha_1$ situado en un plano perpendicular a αP. Esta construcción no puede ser efectuada fácilmente en el papel pues el arco Aa_1 no se proyecta en su verdadera magnitud sobre el plano vertical. Es pues, necesario efectuar una construcción auxiliar.

El punto A_1 se obtendrá si se puede llevar sobre la prolongación de ah una longitud $ha_1 = hA$. Para ello, abatir el triángulo rectángulo ahA sobre el plano H haciéndolo girar alrededor de su cateto ah.

Se obtiene un triángulo rectángulo aha_2 (llamado triángulo de abatimiento).

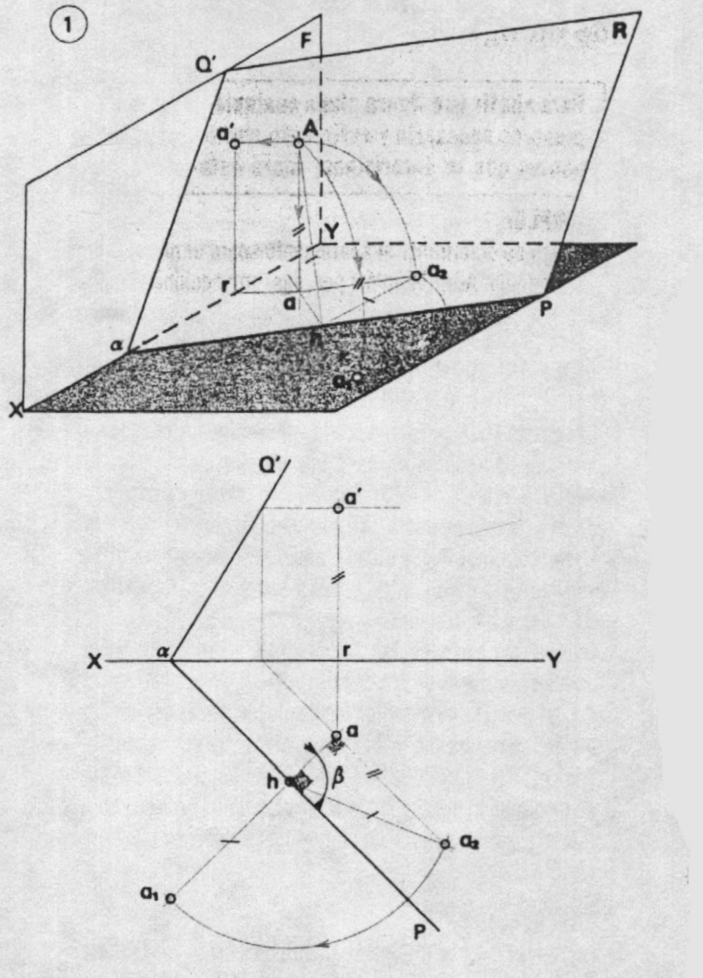
La distancia a_2a se determina a partir de la igualdad: $a_2a = Aa = a'r$.

Por otra parte: aa_2 es paralela a αP.

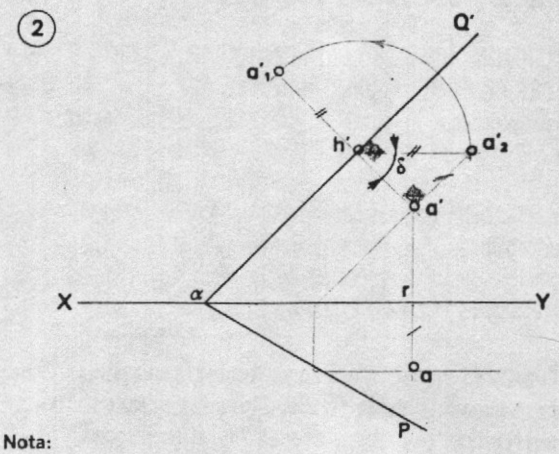
El triángulo aha_2 está pues perfectamente determinado y ha_2 representa en el plano horizontal la verdadera magnitud de hA. El punto a_1 queda determinado tomando sobre la prolongación de ah la distancia ha_2.

66-422 Abatimiento de un punto de un plano cualquiera sobre el plano F

La construcción de la figura 2 representa el abatimiento sobre el plano F de un punto A dado por sus proyecciones (a, a′) y perteneciente a un plano R determinado por sus trazas PαQ′. El fundamento de este abatimiento es análogo punto por punto al del apartado precedente.



Nota:
β rectilíneo del diedro formado por los planos R y H (§ 64-631)



Nota:
δ rectilíneo del diedro formado por los planos R y F (§ 64-613)

66 ▪ 43 Abatimiento de un figura plana

Para abatir una figura plana cualquiera sobre un plano es necesario y suficiente abatir todos los puntos que la determinan, sobre este plano.

EJEMPLO:

Se trata de determinar el abatimiento sobre el plano H de un triángulo ABC definido por sus proyecciones (abc, a'b'c').

DETERMINACIÓN DE LAS TRAZAS PαQ' DEL PUNTO R DEL TRIÁNGULO

Las trazas PαQ' del plano quedan determinadas cuando se conocen dos puntos de cada una de ellas.

Según la figura 1 y el párrafo 64.42, la traza horizontal (2) de una recta cualquiera (AB) de un plano R está sobre la traza horizontal Pα de dicho plano. Análogamente la traza vertical (4') de dicha recta está sobre la traza vertical αQ' del mismo plano.

La determinación de las trazas de R se reduce pues a obtener las trazas de dos de sus rectas. La traza horizontal Pα del plano se ha obtenido buscando las trazas horizontales de las rectas (ab, a'b') y (cb, c'b') que son respectivamente (1, 1') y (2, 2'). La traza vertical αQ' del plano se ha obtenido buscando las trazas frontales de las rectas (ab, a'b') y (ac, a'c') que son respectivamente (4, 4') y (3, 3').

OBSERVACIÓN:

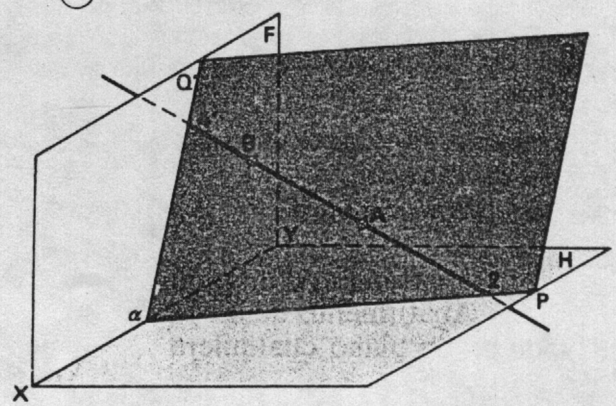
Las trazas Pα y αQ' evidentemente concurren con la línea de tierra XY en α. Por consiguiente, la determinación del punto (3, 3') no es pues necesaria, siendo sin embargo, útil buscarla pues sirve de comprobación.

DETERMINACIÓN DEL ABATIMIENTO SOBRE EL PLANO H DEL TRIÁNGULO ABC

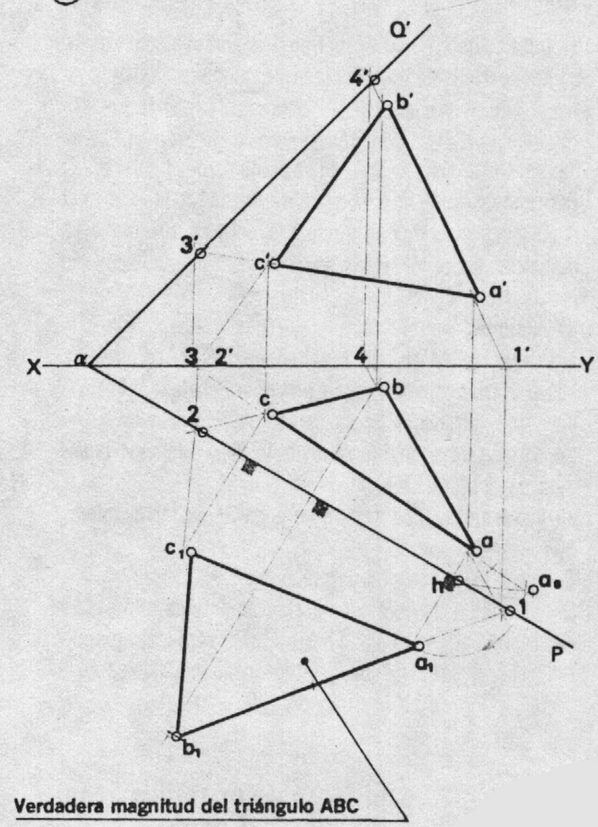
Para determinar el punto a_1 del triángulo abatido, el método utilizado es el indicado en el capítulo § 66.421. Los otros puntos han sido determinados utilizando la propiedad indicada en la observación del § 66.41 (llamada «método de las alineaciones»). Por ejemplo, el punto b_1 se encuentra en la intersección de la recta $1a_1$ y de la perpendicular trazada por b.

El método del triángulo de abatimiento se utiliza para un punto de la figura. Todos los demás se determinan por el método de las alineaciones.

①



②



67 Aplicaciones de los procedimientos de transformación

67.1 Proyecciones de un cilindro de revolución cuyo eje es frontal

PUNTOS NOTABLES DE LA BASE SUPERIOR

- Puntos situados sobre el diámetro de punta (cd, c'd') ver § 64.412. Este diámetro se proyecta horizontalmente en verdadera magnitud, o sea cd = 2R.
- Puntos situados sobre el diámetro frontal (ab, a'b') ver § 64.414. Este diámetro se proyecta verticalmente en verdadera magnitud, así a'b' = 2R. Su proyección horizontal se obtiene mediante las líneas de correspondencia trazadas desde a' y b'.

DETERMINACIÓN DE UN PUNTO CUALQUIERA (e, e') DE LA BASE SUPERIOR

La base superior es un círculo (O, R). Abatir este círculo sobre un plano horizontal, haciéndolo girar un ángulo α alrededor de su eje (cd, c'd') ver § 66.4.
Se obtiene:

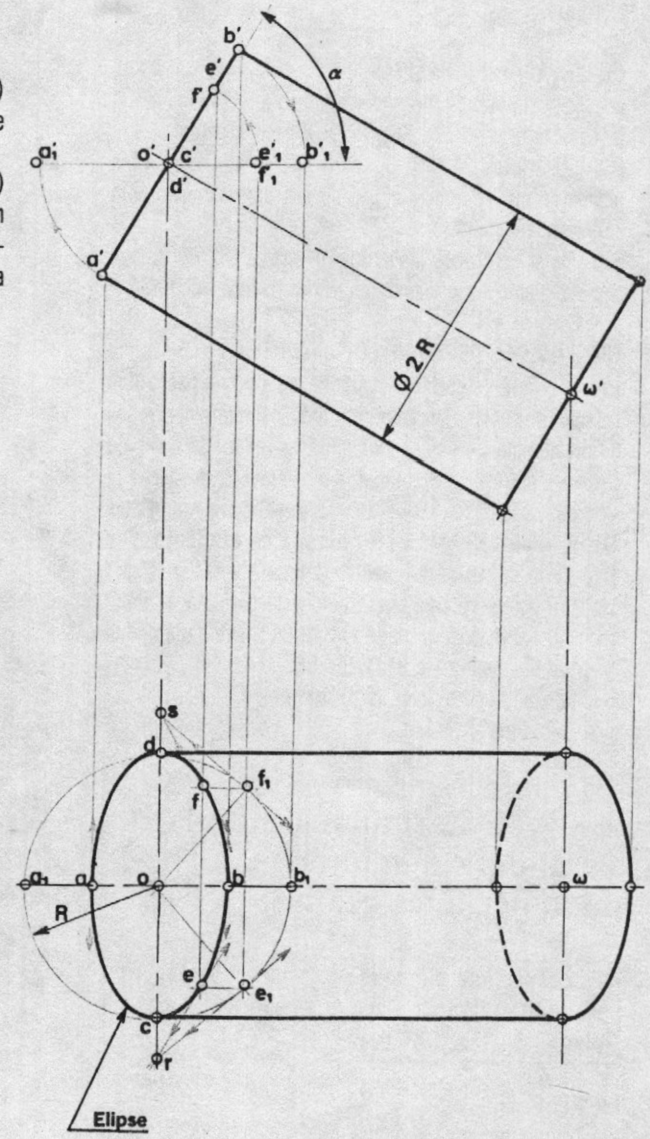
- En proyección horizontal un círculo (o, R) en verdadera magnitud.
- En proyección vertical un segmento de recta ($a'_1b'_1$). Un punto cualquiera (e, e') de la elipse se obtiene a partir de un punto e_1 del círculo abatido que se restituye a la posición inicial mediante un giro de sentido contrario al anterior.

DETERMINACIÓN DE LA TANGENTE EN e

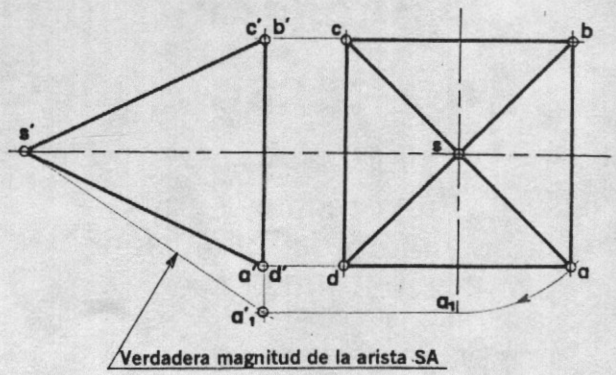
Se determina a partir de la tangente en e_1 al círculo abatido. Esta tangente corta al eje de rotación cd en un punto r que permanece fijo cuando se restituye el círculo a su posición inicial.
La tangente a la elipse se obtiene uniendo los puntos r y e por una recta.

OBSERVACIONES:

- La base inferior puede construirse como la base superior.
- Estando determinados los ejes de la elipse, también se puede construir por uno de los procedimientos dados en el § 62.12.



67■2 Determinación de la verdadera magnitud de rectas

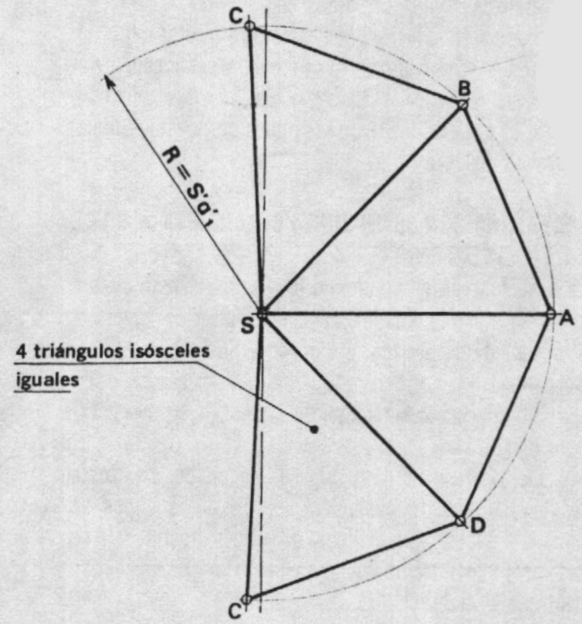


Una recta se proyecta en verdadera magnitud sobre un plano si es paralela a dicho plano.

EJEMPLO:
Determinar el desarrollo de la superficie lateral de una pirámide de base cuadrada cuya representación muestra la figura.

OBSERVACIONES PREVIAS:
- Se trata de una pirámide regular y por consiguiente, las cuatro aristas SA, SB, SC y SD son iguales.
- Las aristas SA, SB, SC y SD no son paralelas a los planos de proyección; ninguna de sus proyecciones está en verdadera magnitud.
- Por el contrario, las aristas AB, BC, CD, DE tienen sus proyecciones horizontales en verdadera magnitud.

TRAZADO DEL DESARROLLO:
La superficie lateral se compone de cuatro triángulos isósceles iguales. Un triángulo está completamente determinado cuando se conocen sus tres lados. Para uno de estos triángulos, SAB por ejemplo solamente se conoce la longitud de la base (AB = ab). **La verdadera magnitud de SA (o de SB) está determinada en el dibujo, por giro** de la arista SA alrededor de un eje vertical (s, s') pasando por el vértice hasta colocarlo paralelo al plano vertical. La verdadera magnitud de SA viene dada por la longitud del segmento $s'a'_1$ (§ 66.3).
El dibujo del desarrollo se efectúa entonces sin complicación (ver figura).

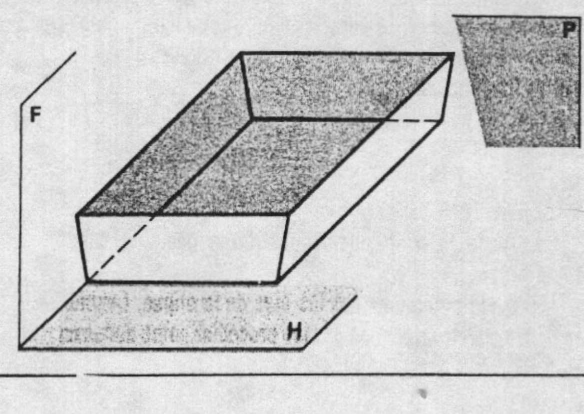


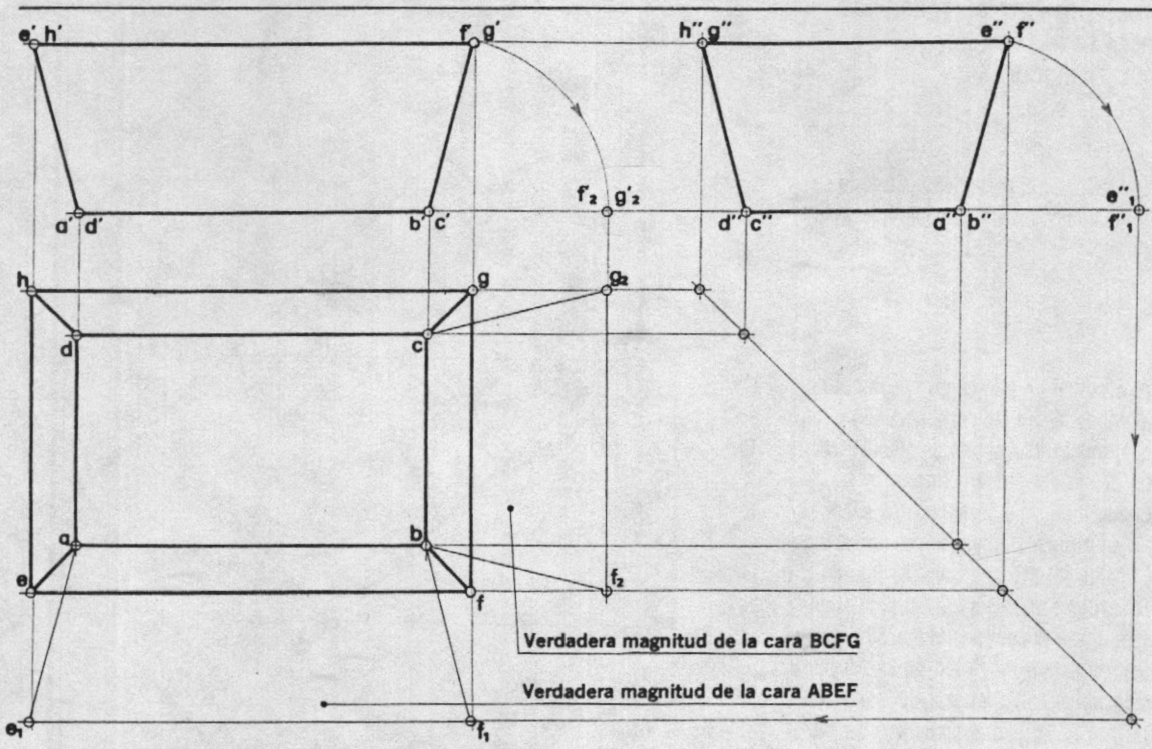
$SA = SB = S'a'_1$
$AB = ab$

67■3 Determinación de la verdadera magnitud de superficies planas

Una superficie plana se proyecta en verdadera magnitud sobre un plano si es paralela a dicho plano.

EJEMPLO:
Determinar la verdadera magnitud de las cuatro caras laterales de un cuezo de albañil definido por sus proyecciones sobre tres planos H, F y P (H plano horizontal, F plano vertical y P plano de perfil).





NOTA: El espesor de las paredes no se ha representado

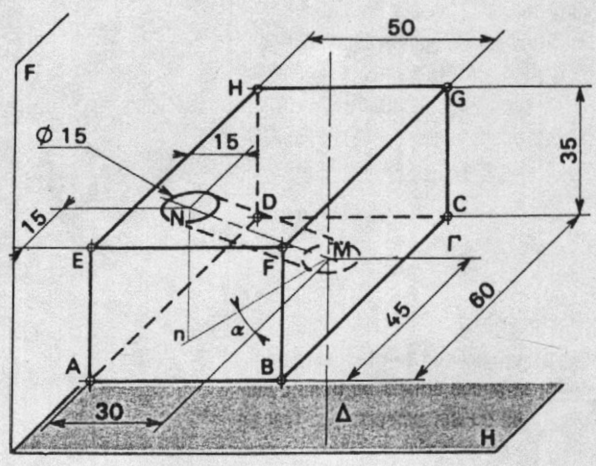
El dibujo de las proyecciones se considera como dado. Las caras opuestas del cuezo se consideran iguales. Es, pues, suficiente determinar sobre el plano la **verdadera magnitud de dos caras** que tengan una arista común. Supongamos las caras ABEF y BCFG. La cuestión puede ser resuelta de forma particularmente sencilla por **medio de abatimientos** (§ 66.4). Las caras ABEF y BCFG se abaten sobre el plano H por giro alrededor de (ab, a''b'') para la primera y de (bc, b'c') para la segunda.
El cuadrilátero abe$_1$f$_1$ es la verdadera magnitud de la cara ABEF. El cuadrilátero bcf$_2$g$_2$ es la verdadera magnitud de la cara BCFG.

67■4 Determinación de la verdadera magnitud de ángulos

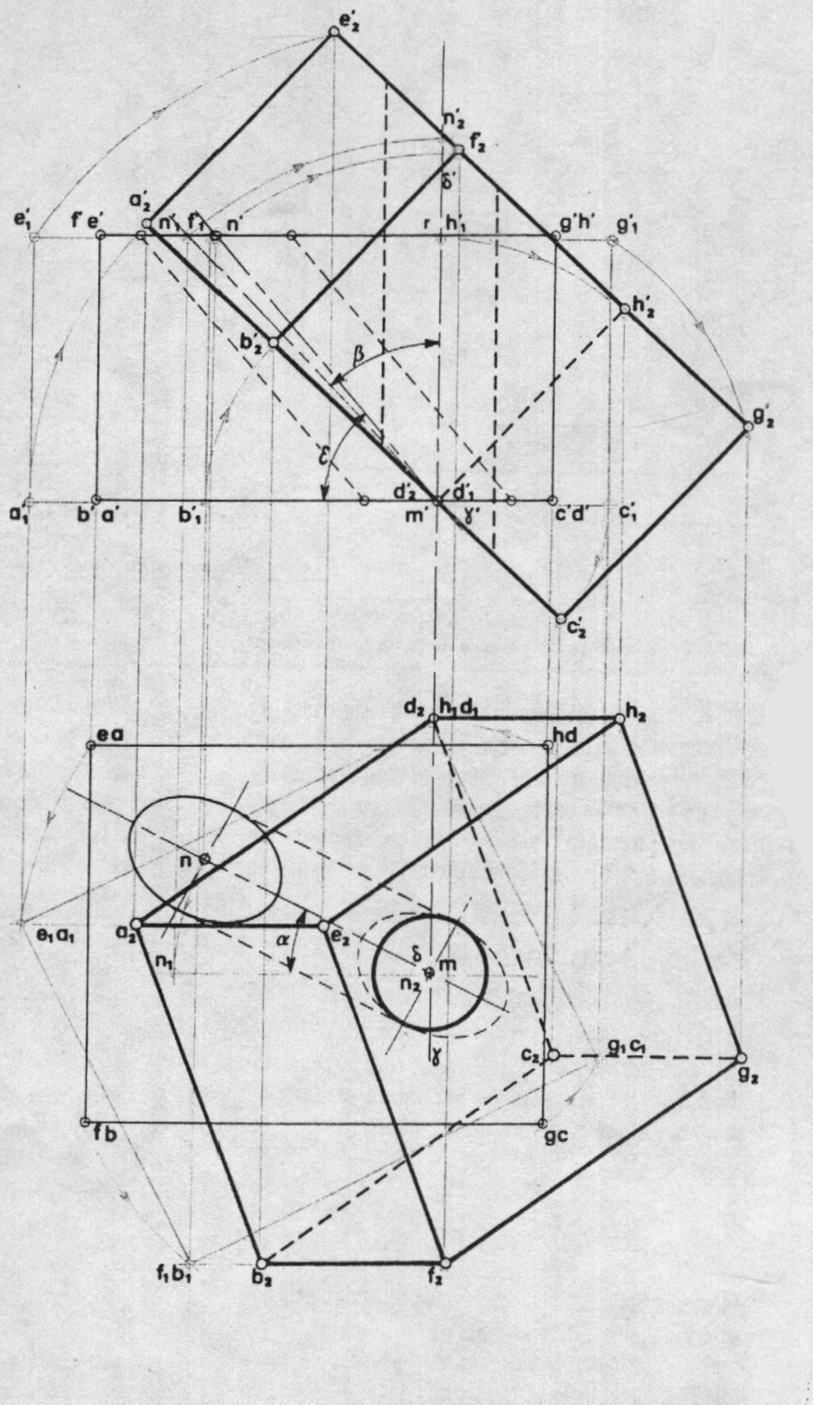
Un ángulo se proyecta en verdadera magnitud sobre un plano si es paralelo al mismo.

67■41 Primer ejemplo

Se tiene un paralelepípedo rectángulo taladrado oblicuamente y definido por la figura.
Se pide determinar la posición que ocupaba la pieza cuando se le efectuaba el taladro de ∅ 15. El taladro se efectuaba según un eje vertical.



PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO



1º Proyectar el paralelepípedo dado sobre los planos H y F. Sean a, b, ... g, h y a', b', ... g', h' sus proyecciones.

2º Efectuar un primer giro de ángulo α alrededor de un eje vertical Δ (δ, δ' en el ejercicio) con objeto de colocar frontal el eje del agujero (mn, m'n').
El punto (m, m') se encuentra sobre el eje de giro; sus proyecciones no varían.
El punto (n, n') va a parar al (n_1, n'_1).
Todos los demás puntos del paralelepípedo giran simultáneamente un ángulo (en verdadera magnitud en la proyección horizontal), siendo $a_1, b_1, \ldots g_1, h_1$ y $a'_1, b'_1 \ldots g'_1, h'_1$ sus nuevas proyecciones.

3º Efectuar un segundo giro de amplitud β alrededor de un eje de canto Γ (γ, γ' en el dibujo) con objeto de situar vertical el eje del taladro (mn_1, $m'n'_1$). El punto (m, m') se encuentra sobre el eje de giro; sus proyecciones no varían. El punto (n_1, n'_1) pasa a (n_2, n'_2).
Todos los demás puntos del paralelepípedo giran simultáneamente un ángulo β (en verdadera magnitud en proyección vertical), siendo $a_2, b_2, \ldots g_2, h_2$ y $a'_2, b'_2, \ldots g'_2, h'_2$ sus nuevas proyecciones.

OBSERVACIÓN:
Para efectuar en la práctica estos dos giros, se puede utilizar un tornillo universal, un divisor universal, ... (ver un curso de tecnología).

Segundo ejemplo

Se trata de fabricar un **útil para mecanizar la ranura** que se indica en la figura 1. La cara de ataque de la herramienta es normal, es decir, está situada en un plano horizontal pasando por el eje de la pieza (material a mecanizar: latón).

OBSERVACIÓN:

Un útil de la clase del que se trata no se afila más que por su cara de ataque.

PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA HACER EL PLANO

1º Dibujar las proyecciones de la ranura sobre el plano horizontal H y sobre un plano de perfil auxiliar P.

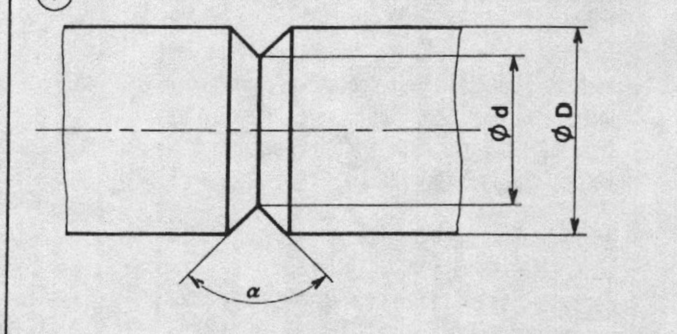
2º Dibujar el cuerpo del útil definido en sección por las cotas h_1 y h_2. Las cotas h_1 y h_2 se calculan de forma que el útil, sometido a los esfuerzos de corte, tenga una flexión despreciable y un exceso para afilado suficiente.

3º Efectuar un cambio de plano vertical (§ 66.2). Este plano se tomara perpendicular a la arista (mn, m′n′). Para que el útil corte en condiciones normales hay que prever un ángulo de despulla a = 6º aproximadamente. Así esta nueva proyección queda completamente determinada.

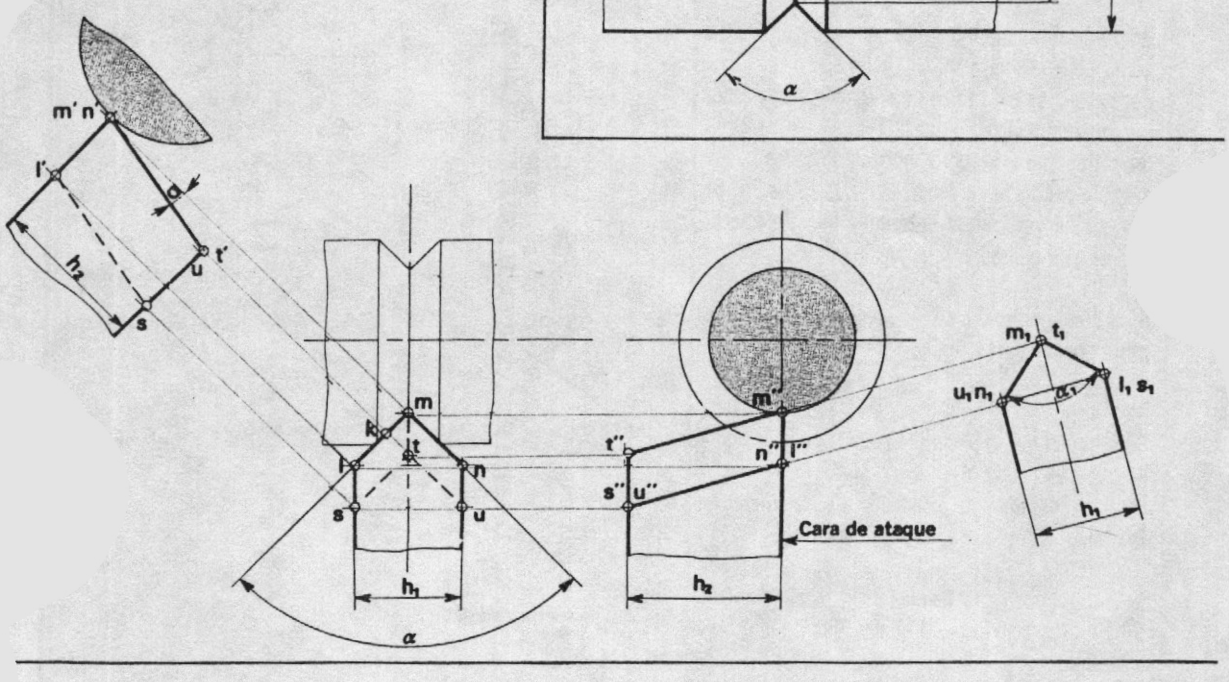
4º Pasando la arista t′u′ a la proyección horizontal tu, nos es posible completar el trazado de esta proyección así como el de la proyección sobre el plano vertical primitivamente elegido.

5º Es necesario para fabricar el útil conocer la verdadera magnitud α_1 del rectilíneo del diedro formado por los dos planos (LM, ST) y (MN, TU). La verdadera magnitud de este ángulo se obtiene mediante un cambio de plano horizontal. Este plano se tomará de forma que sea perpendicular a la arista (t″m″, t_1m_1).

(1)

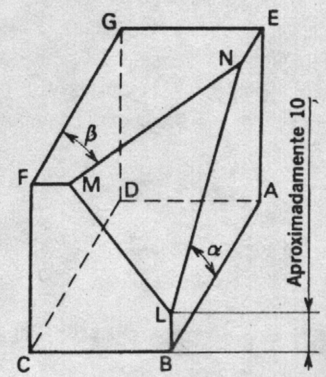


(2)



67■43 Tercer ejemplo

Se desea conocer la posición ocupada por la pieza al fresar la cara LMN. El eje de la fresa es vertical.



67■431 Procedimiento a seguir para la resolución del ejercicio

1º Dibujar las proyecciones de la pieza sobre los planos H y F.

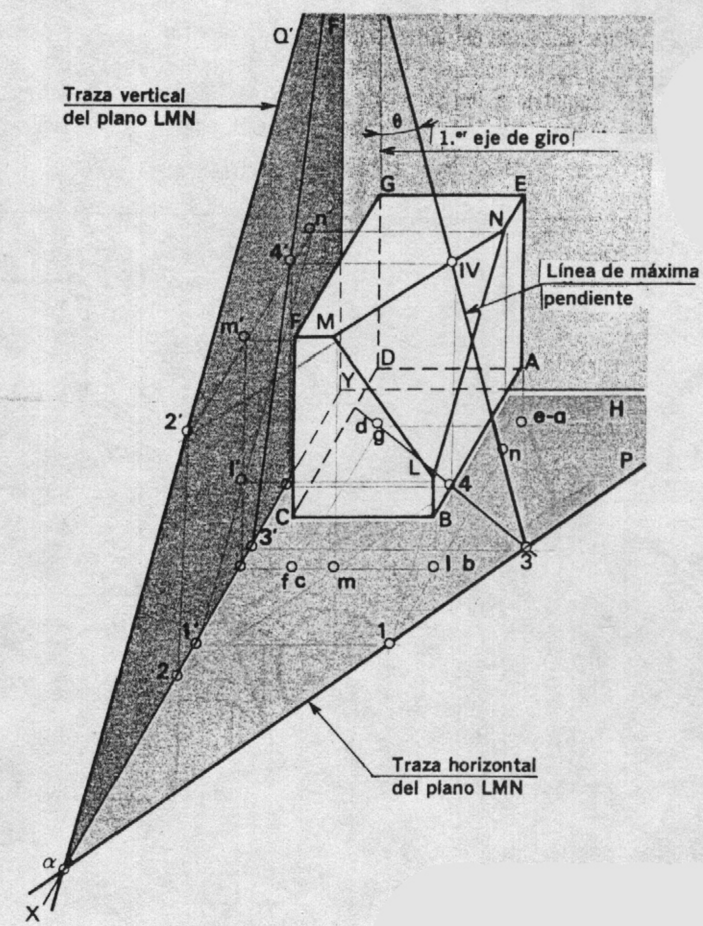
2º Determinar las trazas horizontal y vertical del plano LMN (§ 64.52 y 66.432).
La traza horizontal Pα es paralela a todas las horizontales del plano. Se ha obtenido determinando la traza horizontal (1, 1') de la recta (ln, l'n') y trazando luego po este punto una paralela a la horizontal (mn, m' n') (§ 64.611).
La traza vertical αQ' es paralela a todas las verticales del plano. Se ha obtenido determinando la traza vertical (2, 2') de la recta (mn, m'n') y trazando luego por este punto una paralela a la vertical (ln, l'n') (§ 64.621).

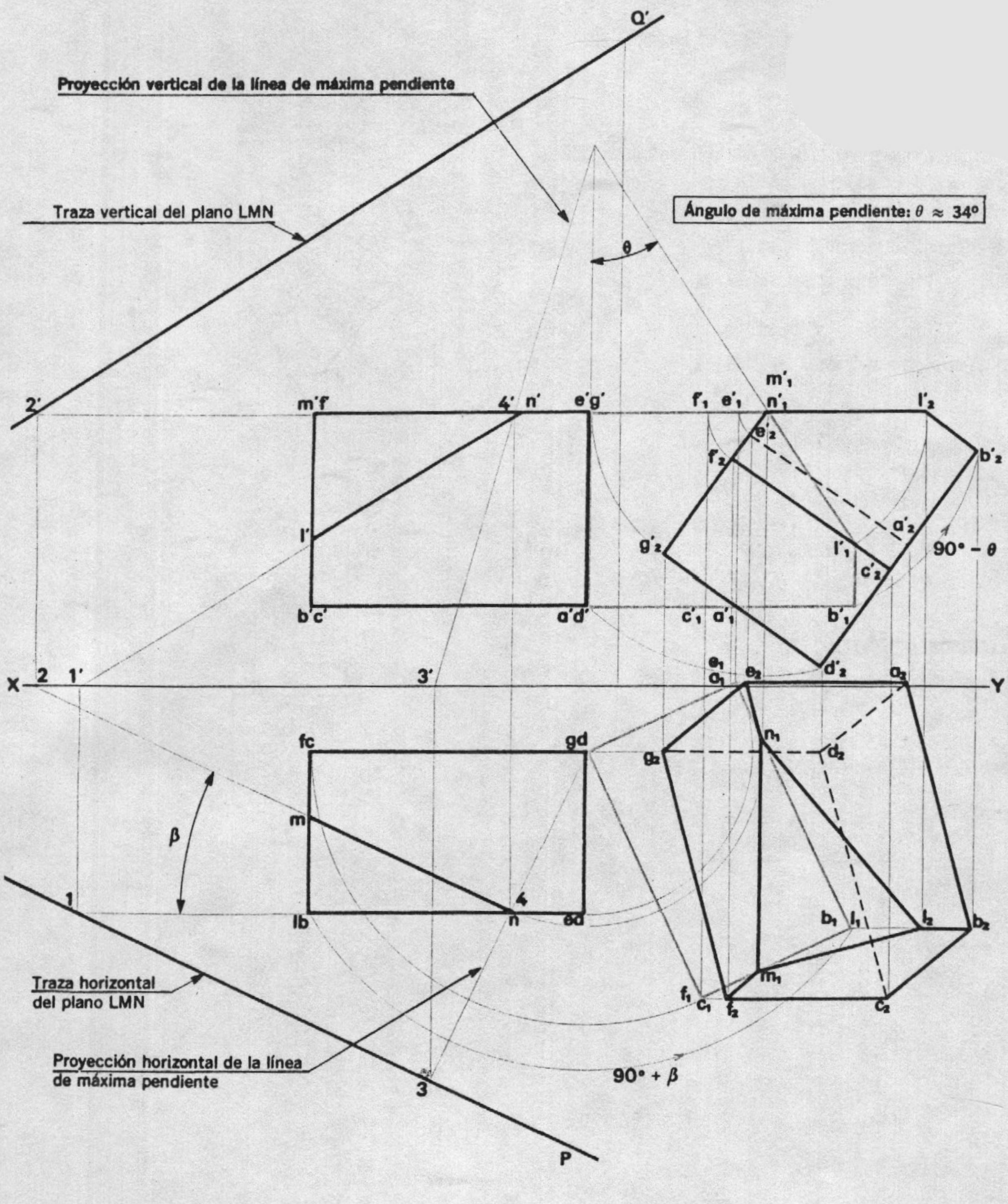
3º Determinar una línea de máxima pendiente del plano LMN con el plano H (§ 64.63).
Por definición esta línea es perpendicular a todas las horizontales del plano.
Se obtiene en proyección horizontal trazando, por ejemplo por g, la perpendicular a la traza Pα. Su proyección vertical se determina buscando la de dos de sus puntos 3 y 4 que serán 3' y 4'.

4º Situar el plano LMN horizontal mediante dos giros sucesivos (§ 66.3).

- un primer giro de eje (gd, g'd') y de ángulo 90º + .β, lleva el plano (lmn, l'm'n') a la posición de canto.
La línea de máxima pendiente se convierte en frontal.

- un segundo giro, de eje (mn, m'n') y de ángulo 90 + .θ, convierte al plano (lmn, l'm'n') en horizontal.





Q'
Proyección vertical de la línea de máxima pendiente
Traza vertical del plano LMN
Ángulo de máxima pendiente: $\theta \approx 34°$
θ
m'f
4' n'
e'g'
l'
b'c'
a'd'
f'₁ e'₁ n'₁
m'₁
l'₂
e'₂
f'₂
b'₂
g'₂
a'₂
l'₁
c'₂
90° − θ
c'₁ a'₁
b'₁
d'₂
X
2
1'
3'
Y
fc
gd
m
β
1
4
lb
n
ed
Traza horizontal
del plano LMN
Proyección horizontal de la línea
de máxima pendiente
3
90° + β
P

67■432 Determinación por cálculo del ángulo de máxima pendiente θ

Hagamos pasar por L una línea de máxima pendiente del plano LMN. Esta línea es perpendicular en proyección horizontal a MN.

Consideremos el triángulo rectángulo SHL. Tenemos:

$\widehat{SLH} = \theta$ (por alternos internos).

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{SH}{SL}. \qquad (1)$$

Por otra parte, en el triángulo rectángulo SHN se verifica:

$\widehat{SNH} = \beta$ (por alternos internos).

$$SH = SN \operatorname{sen}\beta. \qquad (2)$$

En el triángulo rectángulo SLN, se tiene:

$\widehat{SNL} = \alpha$ (por alternos internos).

$$SN = \frac{SL}{\operatorname{tg}\alpha}. \qquad (3)$$

Sustituyendo este valor en la igualdad (2).

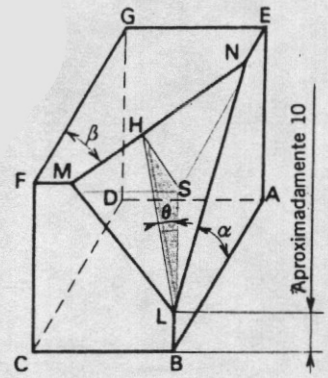
$$SH = \frac{SL \operatorname{sen}\beta}{\operatorname{tg}\alpha}.$$

Y la igualdad (1) se convierte en:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{SL \operatorname{sen}\beta}{SL \operatorname{tg}\alpha}$$

o sea

$$\boxed{\operatorname{tg}\theta = \frac{\operatorname{sen}\beta}{\operatorname{tg}\alpha}.}$$



APLICACIÓN NUMÉRICA

$\operatorname{sen}\beta = \operatorname{sen}25° = 0{,}42\,262$

$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\,32° = 0{,}62\,487$

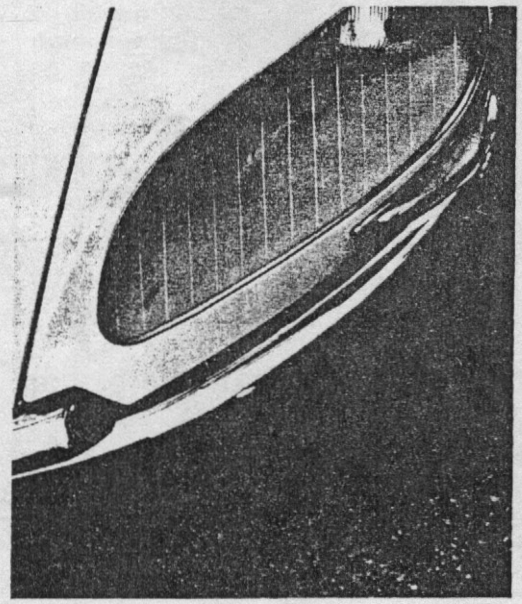
$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\operatorname{sen}\,25°}{\operatorname{tg}\,32°} = \frac{0{,}42\,262}{0{,}62\,487} = 0{,}67\,633$$

$$\boxed{\theta \approx 34°5'.}$$

DATOS
AB = 42 BC = 25 BS = 30 α = 32° β = 25°

68 Intersección de dos superficies

68.1 Aplicaciones



Se utiliza la intersección de superficies:

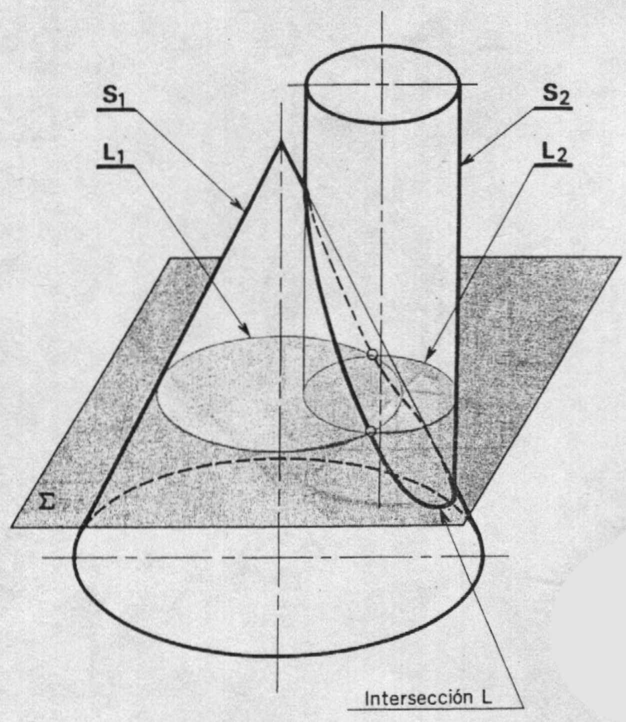
- cuando para su estudio funcional se requiere una representación correcta y detallada de la intersección. Tal es el caso, por ejemplo, de un guardabarros de automóvil (fijación, alojamiento de la rueda, etc.),
- cuando es necesario obtener su desarrollo. Tal es el caso de las piezas fabricadas a partir de chapa (carrocerías de automóvil, fuselaje de aviones, conductos de ventilación, etc.).

68.2 Definición

Se llama intersección L de dos superficies S_1 y S_2, el lugar geométrico* de los puntos comunes a ambas.

68.3 Determinación de la intersección de dos superficies

Una intersección se determina por puntos. Cuando se ha encontrado un número suficiente de puntos se les une, por un orden razonado mediante una línea continua. Para determinar puntos, se utiliza el método de las superficies auxiliares.



MÉTODO DE LAS SUPERFICIES AUXILIARES
1º Elegir una superficie Σ que corte a las dos superficies S_1 y S_2 dadas. **2º Buscar la intersección L_1 de Σ con S_1.** **3º Buscar la intersección L_2 de Σ con S_2.** **4º Los puntos comunes a L_1 y L_2 son puntos de intersección (pertenecen a la vez a S_1 y S_2).**

ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE AUXILIAR

La superficie auxiliar y su posición se eligen de tal manera que sus intersecciones con S_1 y S_2 sean fáciles de dibujar (rectas o circunferencias).

* Ver léxico.

El método expuesto se aplica a todas las intersecciones. Se pueden presentar cuatro casos principales:

	SUPERFICIES DADAS	INTERSECCIÓN	SUPERFICIES AUXILIARES
1	S_1 y S_2 son cualesquiera	Una curva generalmente alabeada	En general planos (horizontales, frontales, de perfil); algunas veces otras superficies (esferas, cilindros, conos, etc.).
2	S_1 cualquiera y S_2 un plano	Una curva plana (sección plana de un sólido)	Planos (horizontales, frontales, de perfil, etc.).
3	S_1 y S_2 son planos	Una recta	Dos planos (horizontales, frontales, de perfil, etc.).
4	S_1 cualquiera y S_2 una recta	Un punto	Un plano (vertical o de canto) proyectante de la recta.

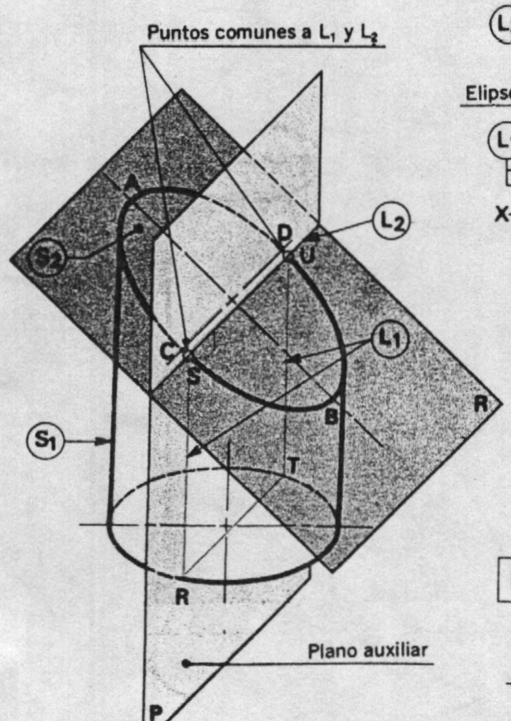
68▪4 Ejemplos de aplicación

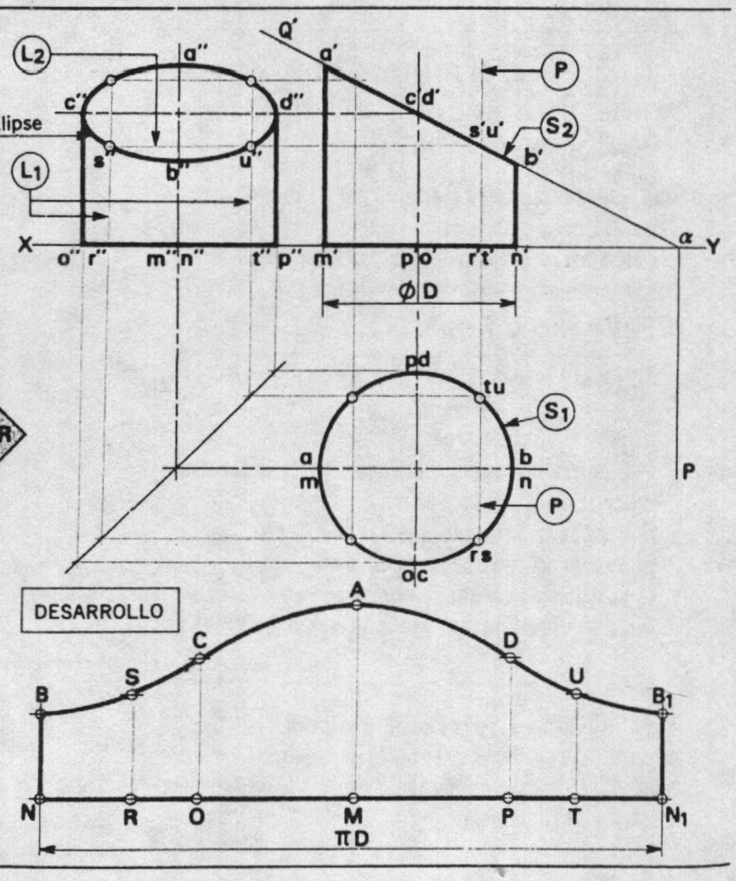
En esta serie de ejemplos, las superficies auxiliares siempre son planos.
Del empleo de otras superficies auxiliares se trata en el apartado siguiente.

68▪41 Primer ejemplo

Representar:

- Las proyecciones vertical, horizontal y de perfil de un cilindro cortado por un plano de canto R, de trazas PαQ'.
- El desarrollo de la superficie lateral del cilindro.





68 ▪ 411 Dibujo de las proyecciones

La única dificultad reside en la proyección de la sección oblicua sobre un plano de perfil.

DETERMINACIÓN DE UN PUNTO CUALQUIERA DE LA INTERSECCIÓN

1º Elección de las superficies auxiliares

Las superficies auxiliares P escogidas son planos de perfil, pero planos horizontales habrían sido igualmente adecuados.

2º Trazado de la intersección L_1

La intersección del cilindro S_1 con el plano auxiliar P son dos generatrices (rs, r', s', r'' s'') y (tu, t'u', t'' u'').

3º Trazado de la intersección L_2

La intersección del plano S_2 con el plano auxiliar P da una recta (su, s'u', s'' u'').

4º Puntos de intersección

Los puntos (s, s', s'') y (u, u', u'') comunes a L_1 y a L_2 son dos puntos de la intersección.

DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS PRINCIPALES

Se consideran **PUNTOS PRINCIPALES** de la intersección o **PUNTOS SINGULARES,** los siguientes: el más alto (a, a', a'') y el más bajo (b, b', b'') así como los que se encuentran sobre el contorno aparente del perfil del cilindro (c, c', c'') y (d, d', d'').

PRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA INTERSECCIÓN

Se deja la construcción de todos los puntos principales, así como la construcción de un punto cualquiera, por lo menos.

OBSERVACIONES:

La curva de intersección de un cilindro cortado por un plano no perpendicular a su eje, es una **elipse.**

68 ▪ 412 Desarrollo del cilindro

El desarrollo se ha obtenido abriendo el cilindro por la más corta de sus generatrices (bn, b'n', b'' n'').

La base NN_1 desarrollo de la circunferencia básica, es igual a πD.

La transformación de la curva de intersección se obtiene del modo siguiente en el desarrollo:

DIBUJO DE LOS PUNTOS PRINCIPALES:

El segmento NN_1 se divide en cuatro partes iguales N, O, M, P y N_1. Se toma:

- NB y N_1 B_1 (longitud n'b' de la generatriz de abertura).
- MA (longitud de la generatriz m'a').
- OC y PD (longitud de las generatrices o'c' y p'd').

DIBUJO DE UN PUNTO CUALQUIERA (s, s', s'') en S

La posición de la generatriz (rs, r's', r'' s'') se obtiene a partir de la igualdad: OR = $\widehat{or}$ (si la cuerda y el arco están muy próximos, se obtiene en general una precisión suficiente trasladando con el compás la longitud de la cuerda).

El punto S se obtiene formando RS igual a la longitud de la generatriz r's'.

OBSERVACIÓN PRÁCTICA:

El diámetro D indicado en la construcción es el **diámetro medio** del cilindro que se obtendrá.

68 ▪ 42 Secciones planas del cono de revolución

RECORDATORIO GEOMÉTRICO

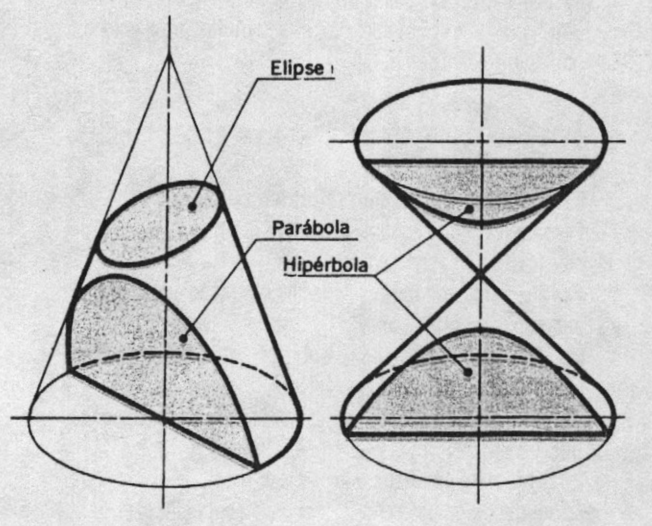
La sección de un cono por un plano que no pasa por el vértice ni es perpendicular al eje es:

o una elipse, o una parábola, o una hipérbola.

- El plano no corta más que a una de las superficies del cono. La intersección obtenida es una **elipse,** o una **parábola** si el plano es paralelo a una de las generatrices.
- El plano corta a las dos ramas del cono. La intersección obtenida es una **hipérbola.**

OBSERVACIÓN:

La naturaleza de las curvas se conserva si se las proyecta sobre un plano paralelo a uno de sus ejes (para la parábola el segundo eje es reemplazado por la tangente en el vértice).

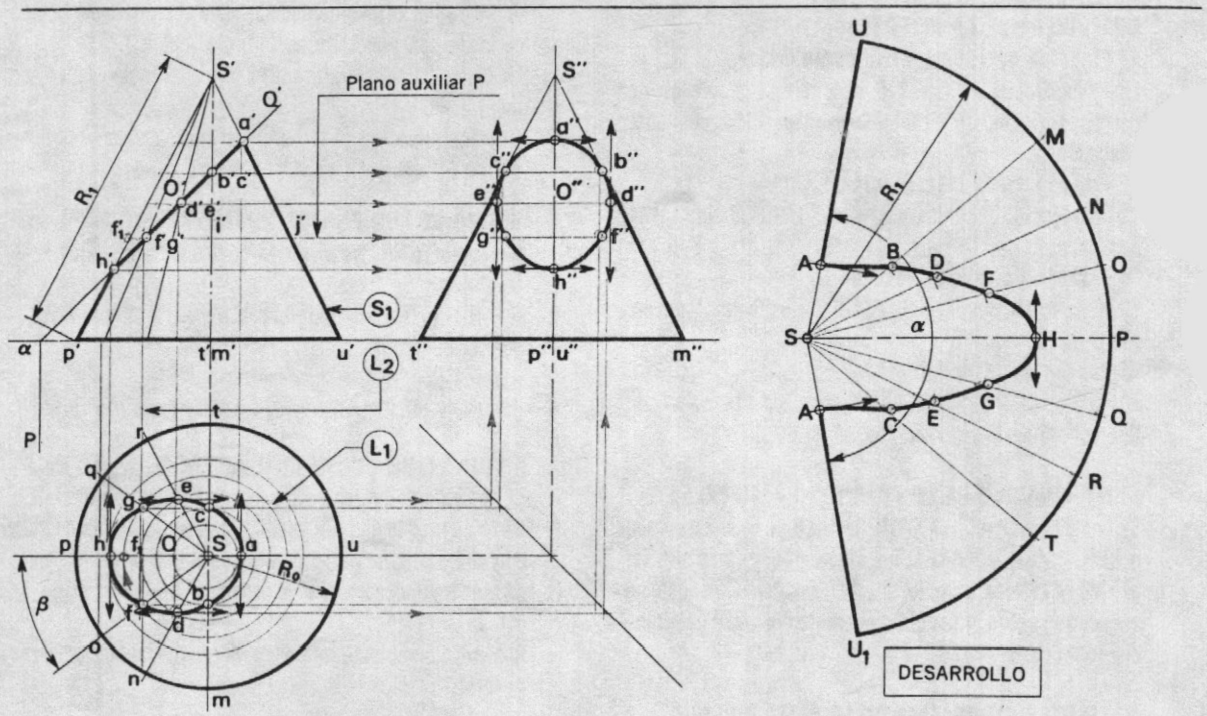


68■43 Segundo ejemplo

Se trata de dibujar:

■ Las proyecciones frontal, horizontal y de perfil de un cono seccionado por un plano de conto P∝Q'.

■ El desarrollo de la superficie lateral del tronco de cono.



68■431 Dibujo de las proyecciones

La intersección del cono por el plano de canto P∝Q' dado, es una elipse. La única dificultad de esta construcción estriba en el trazado de dicha elipse en las proyecciones horizontal y de perfil.

DETERMINACIÓN DE UN PUNTO CUALQUIERA DE LA INTERSECCIÓN

1º Elección de las superficies auxiliares

Para un cono los únicos planos que originan intersecciones fáciles de representar son:

■ los perpendiculares al eje (las intersecciones obtenidas son circunferencias).

■ los que contienen al eje (las intersecciones son generatrices del cono).

Se han elegido planos perpendiculares al eje del cono (planos horizontales).

2º Dibujo de la intersección L_1

La intersección del cono S_1 con el plano auxiliar P es la circunferencia L_1 con centro en el eje del cono y radio i'j'.

3º Dibujo de la intersección L_2

La intersección del plano P∝Q' con el plano auxiliar es la recta L_2 (fg, f'g'').

4º Puntos de la intersección

Los puntos (f, f') y (g, g') comunes a L_1 y L_2 son puntos de la intersección.

DETERMINACIÓN DE PUNTOS IMPORTANTES

1º Extremos del eje mayor

Las proyecciones frontales de estos puntos son a' y h' y se encuentran sobre las generatrices s'u' y s'p'. Las líneas de correspondencia trazadas por a' y h' determinan sobre la proyección horizontal de estas generatrices los puntos a y h.

2º Extremos del eje menor de la elipse

El eje menor de la elipse es un segmento de canto que pasa por el punto medio de a'h'. Sus extremos (e, e' y d, d') se determinan por el método general (el plano auxiliar pasa por O').

68■432 Desarrollo del tronco de cono

El desarrollo ha sido obtenido abriendo el cono a lo largo de su generatriz de mayor longitud (au, a'u'). Este desarrollo es un sector circular de radio s'p' = R_1. La longitud del arco UU_1 de este sector es igual a la de la circunferencia base del cono, o sea:

$$\frac{2\pi R_1 \times \alpha}{360°} = 2\pi R_0$$

de donde:

$$\boxed{\alpha° = \frac{360° \times R_0}{R_1}}$$

La transformada de la curva de intersección en el desarrollo, puede ser obtenida de la siguiente manera:

- Dividir el arco UU_1 en cuatro partes iguales U, M, P, T, U_1. Uniendo dichos puntos con el centro S_1 se obtiene en el desarrollo la posición transformada de las cuatro generatrices (s, s', n, n'; sm, s'm'; ...) del cono.
- La nueva posición de otras generatrices en el desarrollo, se obtiene transportando longitudes de arcos iguales. Por ejemplo, $\widehat{rq}$ = RQ (si la cuerda y el arco están suficientemente próximos, se obtiene en general suficiente precisión tomando con el compás la longitud de la cuerda).
- Determinar la verdadera longitud de la parte de generatriz comprendida entre el vértice del cono y un punto de la intersección. Por ejemplo, la verdadera magnitud del segmento de generatriz SF se determina por un giro de ángulo β alrededor del eje del cono. El punto f va a parar a f_1 y la verdadera magnitud del segmento SF se observa en $s'f'_1$ (§ 66.3 y 67.2).
- Transportar la verdadera magnitud de estos segmentos sobre los radios correspondientes en el desarrollo.

68■44 Tercer ejemplo

Trazar la proyección vertical (vista frontal), horizontal (vista superior) y sobre un plano de perfil (vista lateral derecha del corte A-A) de un cilindro S_1 que tiene un agujero cilíndrico S_2. La única dificultad estriba en el trazado de la curva de intersección de ambos cilindros en la proyección vertical.

DETERMINACIÓN DE UN PUNTO CUALQUIERA DE LA INTERSECCIÓN

1° Elección de las superficies auxiliares

Las superficies auxiliares P elegidas son planos frontales (paralelos a los ejes de los cilindros), pero planos horizontales o de perfil, por lo que a este ejercicio se refiere, habrían sido igualmente adecuados.

2° Trazado de la intersección L_1

La intersección del cilindro S_1 con el plano auxiliar P da dos generatrices L_1 de este cilindro.

3° Trazado de la intersección L_2

La intersección del cilindro S_2 con el plano auxiliar P da dos generatrices L_2 de este cilindro.

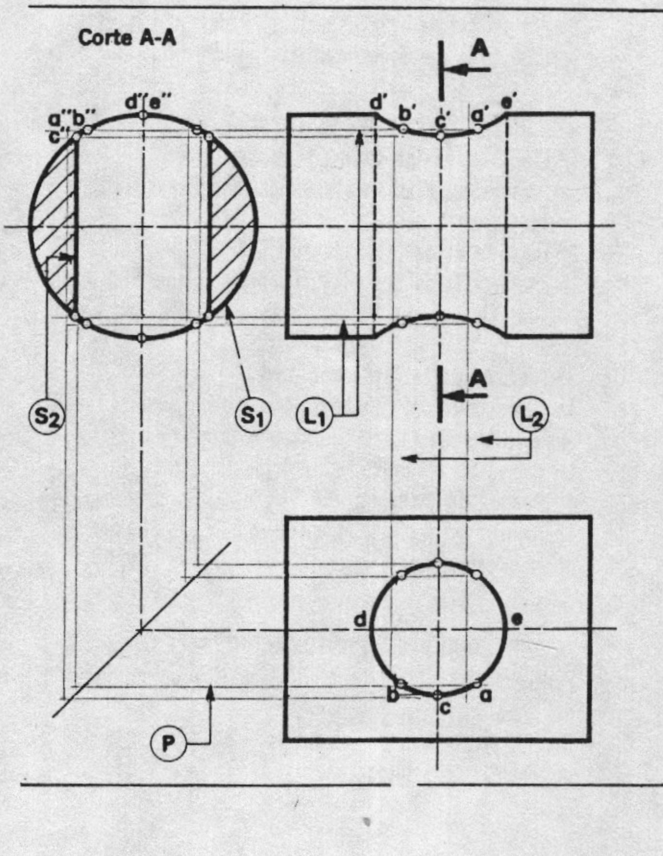
4° Puntos de la intersección

Los puntos (aa'a", bb'b" y sus simétricos con relación al eje de S_1) comunes a L_1 y a L_2 son puntos de la intersección.

DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS PRINCIPALES

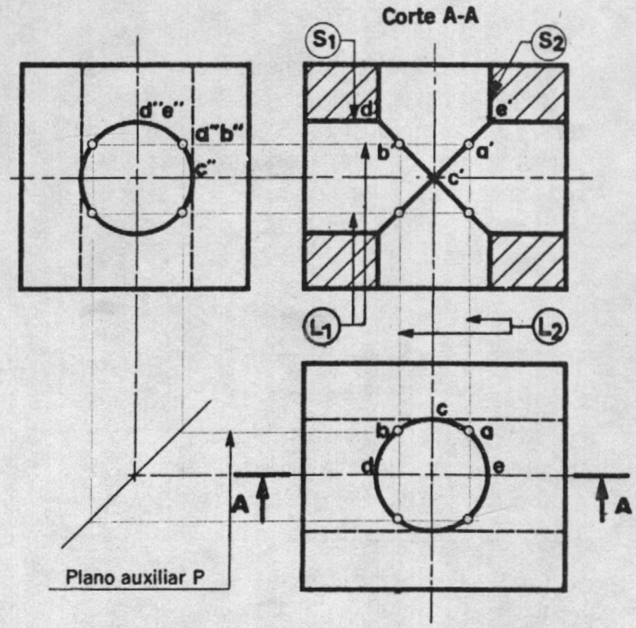
Los puntos límites de la intersección c', d', e' y sus simétricos con relación al eje de S_1 se determinan tomando dos planos auxiliares.

Uno pasa por c y el otro pasa por d y e.



68■45 Cuarto ejemplo

Trazar la proyección vertical (seccionada por A-A), la horizontal y la de perfil de un paralelepípedo rectángulo atravesado por dos agujeros cilíndricos S_1 y S_2 de igual diámetro y cuyos ejes son perpendiculares. El desarrollo del ejercicio es similar al del precedente (§ 68.44) y el método utilizado es el mismo.



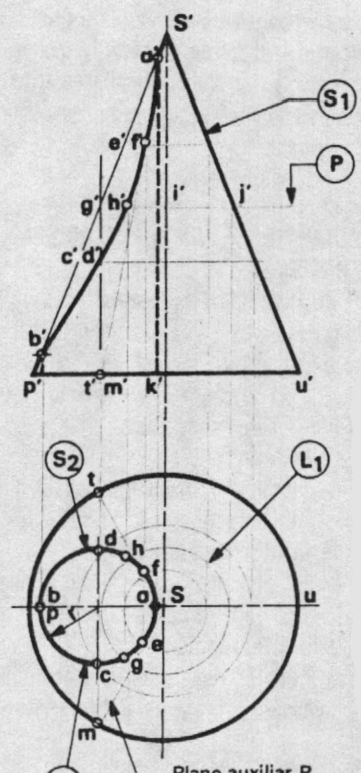
OBSERVACIÓN IMPORTANTE:

En la sección A-A la intersección de los dos cilindros S_1 y S_2 da **dos rectas.** Sabiendo el resultado no es necesario en consecuencia buscar puntos cualesquiera. Esta propiedad subsiste siempre que se trate de agujeros cilíndricos del mismo diámetro y ejes concurrentes aunque no sean perpendiculares.

68■46 Quinto ejemplo

Dibujar las proyecciones vertical y horizontal de un cono S_1 atravesado por un agujero cilíndrico S_2 paralelo a su eje.

La única dificultad se presenta al trazar la proyección vertical de la curva de intersección cono-cilíndrico.



DETERMINACIÓN DE UN PUNTO CUALQUIERA

1º Elección de las superficies auxiliares

Las superficies auxiliares P elegidas son planos horizontales (perpendiculares al eje del cono).

2º Trazado de la intersección L_1

La intersección del cono S_1 con el plano auxiliar P es una circunferencia L_1 con centro sobre el eje del cono y de radio i'j'.

3º Trazado de la intersección L_2

La intersección del cilindro S_2 con el plano auxiliar P es una circunferencia L_2 confundida en la proyección horizontal con la circunferencia proyección del cilindro.

4º Puntos de intersección

Los puntos (g, g' y h, h') comunes a L_1 y a L_2 son puntos de la intersección.

DETERMINACIÓN DE PUNTOS PRINCIPALES

Puntos sobre el contorno aparente vertical del cilindro y del cono.

Son los puntos a' y b'. Sus proyecciones horizontales se obtienen sin dificultad.

OBSERVACIÓN:
En lugar de elegir planos perpendiculares al eje del cono, se pueden utilizar planos pasando por el eje de cono y que corten al cilindro.
Esta segunda posibilidad es la utilizada para un plano auxiliar, límite, tangente en e a la proyección horizontal del cilindro.

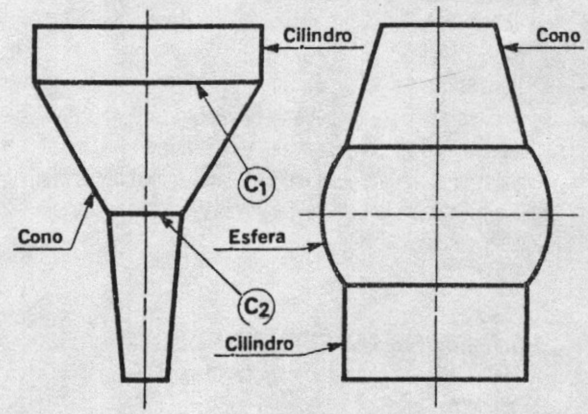
La intersección del plano R con el cono S_1 en la generatriz (sm, s'm').
La intersección del plano R con el cilindro S_2 es la generatriz (ek, e'k').
El punto (e, e') común a ambas líneas es un punto de la intersección cono-cilindro.

68.5 Empleo de superficies auxiliares particulares

Para la determinación de ciertas intersecciones, el empleo de planos auxiliares puede resultar largo, complicado o poco preciso. Es por ello que a veces se recurre a superficies auxiliares no planas. Las más utilizadas son las esferas.

68.51 Empleo de esferas auxiliares

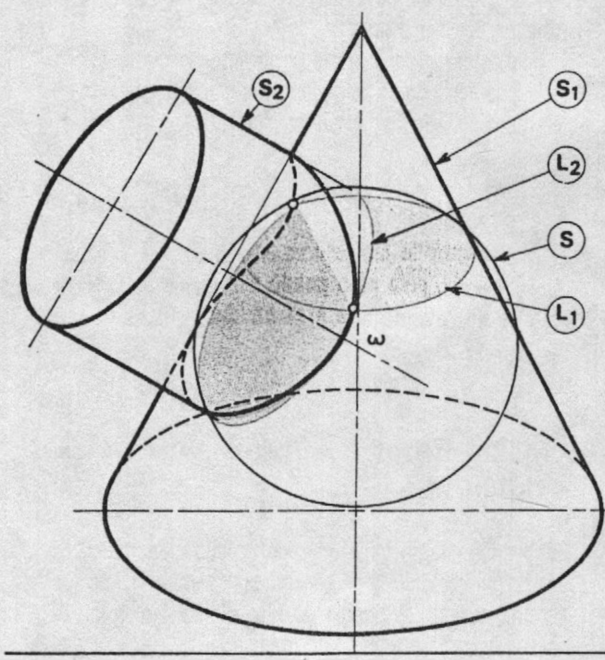
El empleo de esferas auxiliares se basa en el siguiente teorema: **la intersección de superficies de revolución del mismo eje es una circunferencia común.**
Una materialización de este teorema puede observarse en un embudo. Se puede comprobar que la intersección de un cilindro y un cono del mismo eje es una circunferencia común C_1.
También se comprueba que la intersección de dos conos de ejes confundidos es una circunferencia común C_2.
Según el teorema precedente:
La intersección de una esfera y una superficie de revolución que tienen sus ejes confundidos, es una circunferencia común.



68.511 Método

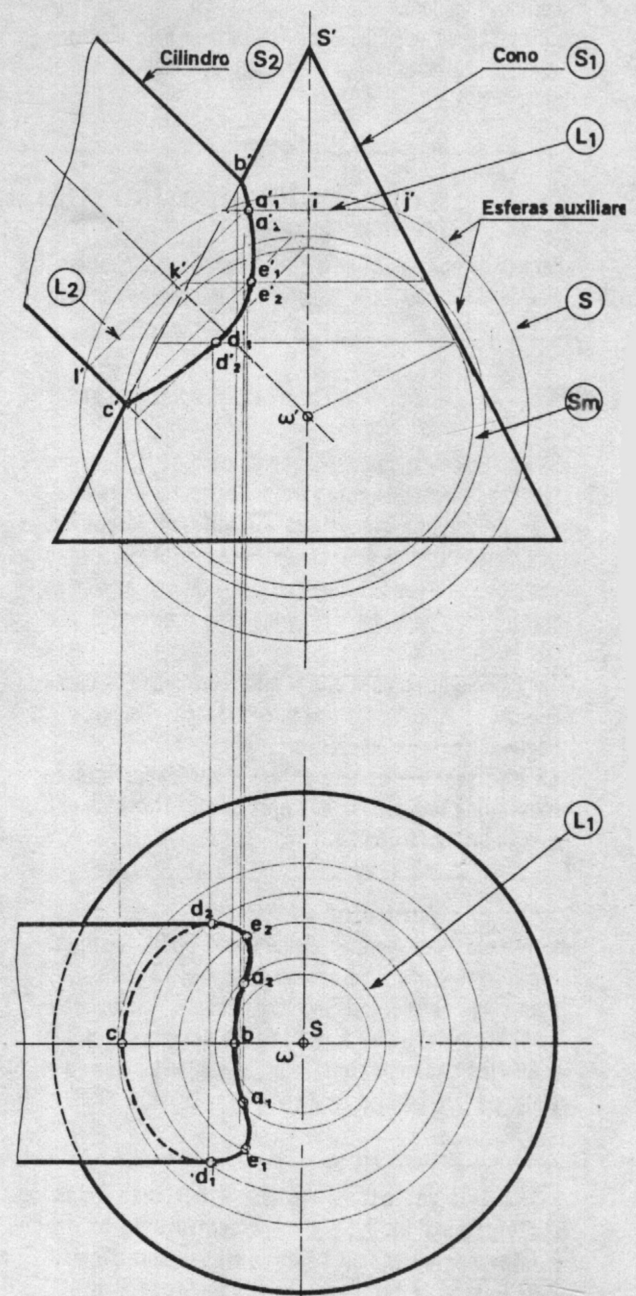
El método es siempre el mismo (ver § 68.3). Basta con reemplazar «superficie auxiliar» por «esfera auxiliar».
Para poder obtener intersecciones simples (circunferencias) **las superficies S_1 y S_2 deben ser de revolución y de ejes concurrentes** (centro ω de las esferas en el punto de intersección de dichos ejes, según § 68.51).

1º Elegir una esfera auxiliar S cortando a las superficies S_1 y S_2 y cuyo centro está en la intersección ω de los ejes de dichas superficies.
2º Buscar la intersección L_1, de S con S_2.
3º Buscar la intersección L_2, de S con S_2.
4º Los puntos comunes a L_1 y a L_2 son puntos de la intersección (pertenecen a la vez a S_1 y a S_2).



68■512 Ejemplo

Dibujar la intersección de un cono S_1 con un cilindro S_2 definidos en la figura.



DETERMINACIÓN DE UN PUNTO CUALQUIERA

1º Se utilizan esferas auxiliares cuyo centro sea el punto de intersección ω' de los ejes del cono y del cilindro.

2º Trazado de la intersección L_1

La intersección del cono S_1 con la esfera auxiliar S, es una circunferencia con centro en el eje del cono y de radio i'j'.

3º Trazado de la intersección L_2

La intersección del cilindro S_2 con la esfera auxiliar S, es una circunferencia L_2 con centro en el eje del cilindro y de radio k'l' (dibujar L_2 en proyección horizontal no es de ninguna utilidad).

4º Puntos de la intersección

Los puntos a'_1 y a'_2 comunes a L_1 y a L_2 son puntos de la intersección. Las proyecciones horizontales a_1 y a_2 se encuentran en la intersección de la proyección horizontal de la circunferencia L_1 y de las líneas de correspondencia bajadas desde a'_1 y a'_2.

DETERMINACIÓN DE PUNTOS PRINCIPALES

■ Puntos sobre el contorno aparente vertical del cono y del cilindro.

Son los puntos b' y c'. Sus proyecciones horizontales se obtienen sin dificultad.

■ La esfera auxiliar Sm tangente interiormente al cono es la más pequeña de todas las esferas que dan puntos de intersección. Dichos puntos son (d_1, d'_1) y (d_2 y d'_2).

OBSERVACIÓN:

El procedimiento de las esferas auxiliares es sencillo, rápido y preciso, pero **sólo puede ser empleado para sólidos de revolución de ejes concurrentes.**

68■52 Empleo de otras superficies auxiliares

Se pueden elegir también como superficies, cilindros conos, hiperboloides y en general cualquier superficie que permita reducir el tiempo de ejecución del ejercicio o contribuya a la precisión del mismo.

69 Alfabeto griego

Las letras del alfabeto griego se utilizan normalmente como símbolos para designar magnitudes geométricas o físicas. Por ello es útil saberlas escribir y pronunciar.

Rectas	Inclinadas	Nombre en castellano	Letras romanas equivalentes	Rectas	Inclinadas	Nombre en castellano	Letras romanas equivalentes
Α	α	alfa	a	Ν	ν	nu	n
Β	β ϐ	beta	b	Ξ	ξ	xi	x
Γ	γ	gamma	g	Ο	ο	omicron	o (breve)
Δ	δ	delta	d	Π	π ϖ	pi	p
Ε	ϵ	épsilon	e (breve)	Ρ	ρ	rho	r
Ζ	ζ	theta	z	Σ	σ ς	sigma	s
Η	η	eta	ē (larga)	Τ	τ	tau	t
Θ	θ	zeta	t, (th)	Υ	υ	upsilon	y
Ι	ι	iota	i	Φ	φ	phi	f, (ph)
Κ	κ	kappa	c	Χ	χ	khi	c, qu, (ch)
Λ	λ	lambda	l	Ψ	ψ	psi	ps
Μ	μ	my	m	Ω	ω	oméga	ô larga

6.1 Observaciones. Los nombres en castellano son los que figuran en el Diccionario de la Lengua Española, el cual sólo indica que el nombre phi se pronuncia fi. Los nombres de las letras romanas equivalentes, son asimismo las que indica dicho Diccionario; las que figuran entre paréntesis, corresponden al latín.

70 Principales unidades del sistema internacional SI

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Unidades fundamentales			Tiempo	segundo	s
Longitud	metro	m	Tiempo	minuto	mn
Masa	kilogramo	kg	Tiempo	hora	h
Tiempo	segundo	s	Velocidad	metro por segundo	m/s
Temperatura	grado Kelvin	°K	Fuerza	newton	N
Unidades secundarias			Fuerza	decanewton	daN
Superficie	metro cuadrado	m²	Tensión y presión	pascal	Pa
Volumen	metro cúbico	m³	Tensión y presión	bar	bar
Ángulo plano	radián	rd	Tensión y presión	hectobar	hbar
Ángulo plano	grado	°	Potencia	watt	W
Ángulo plano	minuto	′	Temperatura	grado Kelvin	°K
Ángulo plano	segundo	″	Relación entre grados Kelvin y Celsius	grado Celsius	°C
Ángulo plano	grado centesimal	gr	Relación entre grados Kelvin y Celsius	T° K = t° C + 273	

Relaciones entre los sistemas SI y MKpS para las unidades de fuerza y presión

1 N = 0,102 kgf
1 daN = 1,02 kgf
1 kgf = 9,81 N

1 Pa = 1 N/m²
1 bar = 1,02 kgf/cm²
1 hbar = 1,02 kgf/mm²
1 hbar = 1 daN/mm²

71 Densidades

Acero	7,85	Cromo	5,9	Fundición gris	6,7 a 7,1	Níquel	8,7	Cuarzo	2,65
Aluminio	2,7	Cobalto	7,8	Latón	7,3 a 8,4	Oro	19,3	Silicio	2,50
Plata	10,5	Cobre	8,85	Magnesio	1,74	Platino	21,45	Tricloroetileno	1,47
Bronce	8,4 a 9	Diamante	3,52	Manganeso	7,4	Petróleo	0,82	Tungsteno	17,6
Caucho	0,98	Duraluminio	2,9	Mercurio	13,59	Plexiglas	1,18	Vidrio	2,5
Cadmio	8,70	Estaño	7,3	Molibdeno	8,6	Plomo	11,35	Zinc	7,15

72 Conversión de la dureza y de la resistencia a la tracción

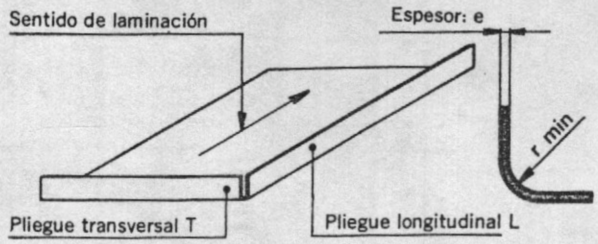
EURONORM 8-55

Dureza Brinell HB (P = 30 D²)	Dureza Rockwell HRB	Dureza Rockwell HRC	Dureza Vickers HV (P = 29,4 daN)	Resistencia a la tracción R (daN/mm²)	Dureza Brinell HB (P = 30 D²)	Dureza Rockwell HRB	Dureza Rockwell HRC	Dureza Vickers HV (P = 29,4 daN)	Resistencia a la tracción R (daN/mm²)
80	36,4		80	27	310		31,5	310	104
85	42,4		85	29	320		32,7	320	108
90	47,4		90	31	330		33,8	330	111
95	52		95	32	340		34,9	340	115
100	56,4		100	34	350		36	350	118
105	60		105	36	359		37	360	121
110	63,4		110	38	368		38	370	124
115	66,4		115	39	376		38,9	380	127
120	69,4		120	41	385		39,8	390	129
125	72		125	42	392		40,7	400	132
130	74,4		130	44	400		41,5	410	135
135	76,4		135	46	408		42,4	420	138
140	78,4		140	47	415		43,2	430	141
145	80,4		145	49	423		44	440	143
150	82,2		150	50	430		44,8	450	146
155	83,8		155	52			45,5	460	
160	85,4		160	54			46,3	470	
165	86,8		165	55			47	480	
170	88,2		170	57			47,7	490	
175	89,6		175	59			48,3	500	
180	90,8		180	61			49	510	
185	91,8		185	62			49,7	520	
190	93		190	64			50,3	530	
195	94		195	66			50,9	540	
200	95		200	67			51,5	550	
205	95,8		205	69			52,1	560	
210	96,6		210	71			52,8	570	
215	97,6		215	72			53,3	580	
220	98,2		220	74			53,8	590	
225	99		225	76			54,4	600	
230		19,2	230	77			54,9	610	
235		20,2	235	78			55,4	620	
240		21,2	240	80			55,9	630	
245		22,1	245	82			56,4	640	
250		23	250	83			56,9	650	
255		23,8	255	85			57,4	660	
260		24,6	260	87			57,9	670	
265		25,4	265	88			58,4	680	
270		26,2	270	90			58,9	690	
275		26,9	275	92			59,3	700	
280		27,6	280	94			60,2	720	
285		28,3	285	95			61,1	740	
290		29	290	97			61,9	760	
295		29,6	295	99			62,8	780	
300		30,3	300	101			63,5	800	

* Conversión aproximada válida para los aceros.

73 Radios de pliegue

NF A 35-501



Los valores indicados corresponden al radio mínimo interior de pliegue r para los tipos de acero de uso corriente. Estos valores son válidos para ángulos de plegado en frío iguales o menores de 90º.

Tipos	Sentido del ph	Hasta 1 incluido	1 a 1,5 incluido	1,5 a 2,5	2,5 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 10	10 a 12	12 a 14	14 a 16	16 a 18	18 a 20
A 33	T	2,5	3	5	6	7	9	11	14	18	22	27	32	37	47	52
	L	2,5	3	6	7	8	11	13	18	22	27	32	37	42	52	65
A 34	T	–	–	–	–	5	6	8	10	12	16	20	24	28	36	40
	L	–	–	–	–	6	8	10	12	16	20	24	28	32	40	45
E 24	T	1,6	2	2,5	3	5	7	9	11	14	18	22	26	30	38	42
	L	1,6	2	2,5	3	6	9	11	14	18	22	26	30	34	42	46
E 26	T	2	2,5	3	4	5	9	11	14	18	22	26	30	34	42	47
	L	2	2,5	3	4	6	11	13	18	22	26	30	34	38	47	52
E 30	T	–	–	–	–	7	9	11	14	18	22	26	31	35	44	49
	L	–	–	–	–	8	11	13	18	22	26	31	35	40	49	57
E 36	T	2,5	3	4	5	6	9	11	14	18	22	27	32	37	47	52
	L	2,5	3	4	5	8	11	13	18	22	27	32	37	42	52	65

74 Pares de apriete

Los pares en metros decanewtons corresponden a los 3/4 del límite elástico para un coeficiente de rozamiento de 0,12 (tornillos engrasados, montados con arandelas planas).

0	3,6*	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	6,8	6,9	8,8	10,9	12,9	14,9
1,6	0,005	0,006	0,009	0,008	0,011	0,010	0,013	0,015	0,018	0,029	0,030	0,035
2	0,011	0,013	0,018	0,016	0,022	0,020	0,027	0,030	0,036	0,050	0,060	0,070
2,5	0,021	0,025	0,033	0,031	0,042	0,038	0,050	0,057	0,067	0,095	0,114	0,133
3	0,038	0,046	0,061	0,058	0,077	0,069	0,092	0,104	0,123	0,174	0,208	0,243
4	0,093	0,112	0,150	0,140	0,187	0,168	0,225	0,253	0,300	0,421	0,506	0,590
5	0,181	0,217	0,289	0,271	0,362	0,326	0,434	0,489	0,579	0,815	0,978	1,14
6	0,312	0,374	0,49	0,46	0,624	0,562	0,749	0,843	0,999	1,40	1,68	1,96
8	0,743	0,892	1,19	1,11	1,48	1,33	1,78	2	2,37	3,34	4,01	4,68
9	1,12	1,35	1,80	1,68	2,25	2,02	2,70	3,03	3,80	5,06	6,07	7,08
10	1,49	1,79	2,38	2,24	2,98	2,68	3,58	4,03	4,77	6,72	8,06	9,41
12	2,53	3,04	4,05	3,80	5,07	4,56	6,08	6,85	8,11	11,41	13,70	15,98
14	4,02	4,82	6,43	6,03	8.04	7,24	9,65	10,86	12,87	18,11	21,73	25,35
16	6,12	7,34	9,79	9,18	12,24	11,02	14,69	16,53	19,59	27,56	33,07	38,58
18	8,31	9,97	13,29	12,46	16,62	14,96	19,94	22,44	26,59	37,40	44,88	52,36
20	11,90	14,32	19,10	17,90	23,87	21,48	28,65	32,23	38,2	53,71	64,46	75,20
22	15,90	19,12	25,50	23,90	31,87	28,68	38,25	43,03	51	71,71	86,06	100,40
24	20,50	24,60	32,80	30,74	41	36,90	49,2	55,34	65,60	92,24	110,70	129,14
27	29,90	35,92	47,90	44,90	59,87	53,88	71,85	80,83	95,80	134,71	161,66	188,60
30	37,50	45	60	56,25	75	67,50	90	101,25	120	168,75	202,50	236,25
33	55	66	88	82,50	110	99	132	148,50	176	247,50	297	346,50
36	70,93	85,13	113,5	106,4	141,87	127,68	170,24	191,52	227	319,21	383,05	446,90

* Tipo de calidad especificando el material para la tornillería, ver § 37.2.

75 Tablas de las líneas trigonométricas naturales

GRADOS	SENOS 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	0.00000	0.00291	0.00582	0.00873	0.01164	0.01454	89
1	0.01745	0.02036	0.02327	0.02618	0.02908	0.03199	88
2	0.03490	0.03781	0.04071	0.04362	0.04653	0.04943	87
3	0.05234	0.05524	0.05814	0.06105	0.06395	0.06685	86
4	0.06976	0.07266	0.07556	0.07846	0.08136	0.08426	85
5	0.08716	0.09005	0.09295	0.09585	0.09874	0.10164	84
6	0.10453	0.10742	0.11031	0.11320	0.11609	0.11898	83
7	0.12187	0.12476	0.12764	0.13053	0.13341	0.13629	82
8	0.13917	0.14205	0.14493	0.14781	0.15069	0.15356	81
9	0.15643	0.15931	0.16218	0.16505	0.16792	0.17078	80
10	0.17365	0.17651	0.17937	0.18224	0.18509	0.18795	79
11	0.19081	0.19366	0.19652	0.19937	0.20222	0.20507	78
12	0.20791	0.21076	0.21360	0.21644	0.21928	0.22212	77
13	0.22495	0.22778	0.23062	0.23345	0.23627	0.23910	76
14	0.24192	0.24474	0.24756	0.25038	0.25320	0.25601	75
15	0.25882	0.26163	0.26443	0.26724	0.27004	0.27284	74
16	0.27564	0.27843	0.28123	0.28402	0.28680	0.28959	73
17	0.29237	0.29515	0.29793	0.30071	0.30348	0.30625	72
18	0.30902	0.31178	0.31454	0.31730	0.32006	0.32282	71
19	0.32557	0.32852	0.33106	0.33381	0.33655	0.33929	70
20	0.34202	0.34475	0.34748	0.35021	0.35293	0.35565	69
21	0.35837	0.36108	0.36379	0.36650	0.36921	0.37191	68
22	0.37461	0.37730	0.37999	0.38268	0.38537	0.38805	67
23	0.39073	0.39341	0.39608	0.39875	0.40142	0.40408	66
24	0.40674	0.40939	0.41204	0.41469	0.41734	0.41998	65
25	0.42262	0.42525	0.42788	0.43051	0.43313	0.43575	64
26	0.43837	0.44098	0.44359	0.44620	0.44880	0.45140	63
27	0.45399	0.45668	0.45917	0.46175	0.46433	0.46690	62
28	0.46947	0.47204	0.47460	0.47716	0.47971	0.48226	61
29	0.48481	0.48735	0.48989	0.49242	0.49495	0.49748	60
30	0.50000	0.50252	0.50503	0.50754	0.51004	0.51254	59
31	0.51504	0.51753	0.52002	0.52250	0.52498	0.52745	58
32	0.52992	0.53238	0.53484	0.53730	0.53975	0.54220	57
33	0.54464	0.54708	0.54951	0.55194	0.55436	0.55678	56
34	0.55919	0.56160	0.56401	0.56641	0.56880	0.57119	55
35	0.57358	0.57596	0.57833	0.58070	0.58307	0.58543	54
36	0.58779	0.59014	0.59248	0.59482	0.59716	0.59949	53
37	0.60182	0.60414	0.60645	0.60876	0.61107	0.61337	52
38	0.61566	0.61795	0.62024	0.62251	0.62479	0.62706	51
39	0.62932	0.63158	0.63383	0.63608	0.63832	0.64056	50
40	0.64279	0.64501	0.64723	0.64945	0.65166	0.65386	49
41	0.65606	0.65825	0.66044	0.66262	0.66480	0.66697	48
42	0.66913	0.67129	0.67344	0.67559	0.67773	0.67987	47
43	0.68200	0.68412	0.68624	0.68835	0.69046	0.69256	46
44	0.69466	0.69675	0.69883	0.70091	0.70298	0.70505	45
45	0.70711						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	GRADOS
	COSENOS						

GRADOS	COSENOS 0′	10′	20′	30′	40′	50′	
0	1.00000	1.00000	0.99998	0.99996	0.99993	0.99989	89
1	0.99985	0.99979	0.99973	0.99966	0.99958	0.99949	88
2	0.99939	0.99929	0.99917	0.99905	0.99892	0.99878	87
3	0.99863	0.99847	0.99831	0.99813	0.99795	0.99776	86
4	0.99756	0.99736	0.99714	0.99692	0.99668	0.99644	85
5	0.99619	0.99594	0.99567	0.99540	0.99511	0.99482	84
6	0.99452	0.99421	0.99390	0.99357	0.99324	0.99290	83
7	0.99255	0.99219	0.99182	0.99144	0.99106	0.99067	82
8	0.99027	0.98986	0.98944	0.98902	0.98858	0.98814	81
9	0.98769	0.98723	0.98676	0.98629	0.98580	0.98531	80
10	0.98481	0.98430	0.98378	0.98325	0.98272	0.98218	79
11	0.98163	0.98107	0.98050	0.97992	0.97934	0.97875	78
12	0.97815	0.97754	0.97692	0.97630	0.97566	0.97502	77
13	0.97437	0.97371	0.97304	0.97237	0.97169	0.97100	76
14	0.97030	0.96959	0.96887	0.96815	0.96742	0.96667	75
15	0.96593	0.96517	0.96440	0.96363	0.96285	0.96206	74
16	0.96126	0.96046	0.95964	0.95882	0.95799	0.95715	73
17	0.95630	0.95545	0.95459	0.95372	0.95284	0.95195	72
18	0.95106	0.95015	0.94924	0.94832	0.94740	0.94646	71
19	0.94552	0.94457	0.94361	0.94264	0.94167	0.94068	70
20	0.93969	0.93869	0.93769	0.93667	0.93565	0.93462	69
21	0.93358	0.93253	0.93148	0.93042	0.92935	0.92827	68
22	0.92718	0.92609	0.92499	0.92388	0.92276	0.92164	67
23	0.92050	0.91936	0.91822	0.91706	0.91590	0.91472	66
24	0.91355	0.91236	0.91116	0.90996	0.90875	0.90753	65
25	0.90631	0.90507	0.90383	0.90259	0.90133	0.90007	64
26	0.89879	0.89752	0.89623	0.89493	0.89363	0.89232	63
27	0.89101	0.88968	0.88835	0.88701	0.88566	0.88431	62
28	0.88295	0.88158	0.88020	0.87882	0.87743	0.87603	61
29	0.87462	0.87321	0.87178	0.87036	0.86892	0.86748	60
30	0.86603	0.86457	0.86310	0.86163	0.86015	0.85866	59
31	0.85717	0.85567	0.85416	0.85264	0.85112	0.84959	58
32	0.84805	0.84650	0.84495	0.84339	0.84182	0.84025	57
33	0.83867	0.83708	0.83549	0.83389	0.83228	0.83066	56
34	0.82904	0.82741	0.82577	0.82413	0.82248	0.82082	55
35	0.81915	0.81748	0.81580	0.81412	0.81242	0.81072	54
36	0.80902	0.80730	0.80558	0.80386	0.80212	0.80038	53
37	0.79864	0.79688	0.79512	0.79335	0.79158	0.78980	52
38	0.78801	0.78622	0.78442	0.78261	0.78079	0.77897	51
39	0.77715	0.77531	0.77347	0.77162	0.76977	0.76791	50
40	0.76604	0.76417	0.76229	0.76041	0.75851	0.75661	49
41	0.75471	0.75280	0.75088	0.74896	0.74703	0.74509	48
42	0.74314	0.74120	0.73924	0.73728	0.73531	0.73333	47
43	0.73135	0.72937	0.72737	0.72537	0.72337	0.72136	46
44	0.71934	0.71732	0.71529	0.71325	0.71121	0.70916	45
45	0.70711						44
	60′	50′	40′	30′	20′	10′	GRADOS
	SENOS						

GRADOS	TANGENTES 0'	10'	20'	30'	40'	50'	
0	0.00000	0.00291	0.00582	0.00873	0.01164	0.01455	89
1	0.01746	0.02036	0.02328	0.02619	0.02910	0.03201	88
2	0.03492	0.03783	0.04075	0.04366	0.04658	0.04949	87
3	0.05241	0.05533	0.05824	0.06116	0.06408	0.06700	86
4	0.06993	0.07285	0.07578	0.07870	0.08163	0.08456	85
5	0.08749	0.09042	0.09335	0.09629	0.09923	0.10216	84
6	0.10510	0.10805	0.11099	0.11394	0.11688	0.11983	83
7	0.12278	0.12574	0.12869	0.13165	0.13461	0.13758	82
8	0.14054	0.14351	0.14648	0.14945	0.15243	0.15540	81
9	0.15838	0.16137	0.16435	0.16734	0.17033	0.17333	80
10	0.17633	0.17933	0.18233	0.18534	0.18835	0.19136	79
11	0.19438	0.19740	0.20042	0.20345	0.20648	0.20952	78
12	0.21256	0.21560	0.21864	0.22169	0.22475	0.22781	77
13	0.23087	0.23393	0.23700	0.24008	0.24316	0.24624	76
14	0.24933	0.25242	0.25552	0.25862	0.26172	0.26483	75
15	0.26795	0.27107	0.27419	0.27732	0.28046	0.28360	74
16	0.28675	0.28990	0.29305	0.29621	0.29938	0.30255	73
17	0.30573	0.30891	0.31210	0.31530	0.31850	0.32171	72
18	0.32492	0.32814	0.33136	0.33460	0.33783	0.34108	71
19	0.34433	0.34758	0.35085	0.35412	0.35740	0.36068	70
20	0.36397	0.36727	0.37057	0.37388	0.37720	0.38053	69
21	0.38386	0.38721	0.39055	0.39391	0.39727	0.40065	68
22	0.40403	0.40741	0.41081	0.41421	0.41763	0.42105	67
23	0.42447	0.42791	0.43136	0.43481	0.43828	0.44175	66
24	0.44523	0.44872	0.45222	0.45573	0.45924	0.46277	65
25	0.46631	0.46985	0.47341	0.47698	0.48055	0.48414	64
26	0.48773	0.49134	0.49495	0.49858	0.50222	0.50587	63
27	0.50953	0.51320	0.51688	0.52057	0.52427	0.52798	62
28	0.53171	0.53545	0.53920	0.54296	0.54673	0.55051	61
29	0.55431	0.55812	0.56194	0.56577	0.56962	0.57348	60
30	0.57735	0.58124	0.58513	0.58905	0.59297	0.59691	59
31	0.60086	0.60483	0.60881	0.61280	0.61681	0.62083	58
32	0.62487	0.62892	0.63299	0.63707	0.64117	0.64528	57
33	0.64941	0.65355	0.65771	0.66189	0.66608	0.67028	56
34	0.67451	0.67875	0.68301	0.68728	0.69157	0.69388	55
35	0.70021	0.70455	0.70891	0.71329	0.71769	0.72211	54
36	0.72654	0.73100	0.73547	0.73996	0.74447	0.74900	53
37	0.75355	0.75812	0.76272	0.76733	0.77196	0.77661	52
38	0.78129	0.78598	0.79070	0.79544	0.80020	0.80498	51
39	0.80978	0.81461	0.81946	0.82434	0.82923	0.83415	50
40	0.83910	0.84407	0.84906	0.85408	0.85912	0.86419	49
41	0.86929	0.87441	0.87955	0.88473	0.88992	0.89515	48
42	0.90040	0.90569	0.91099	0.91633	0.92170	0.92709	47
43	0.93252	0.93797	0.94345	0.94896	0.95451	0.96008	46
44	0.96569	0.97133	0.97700	0.98270	0.98843	0.99420	45
45	1.00000						44
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	GRADOS
	COTANGENTES						

	GRADOS	COTANGENTES 0'	10'	20'	30'	40'	50'	
89	0		343.77371	171.88540	114.58865	85.93979	68.75009	89
88	1	57.28996	49.10388	42.96408	38.18846	34.36777	31.24158	88
87	2	28.63625	26.43160	24.54176	22.90377	21.47040	20.20555	87
86	3	19.08114	18.07498	17.16934	16.34986	15.60478	14.92442	86
85	4	14.30067	13.72674	13.19688	12.70621	12.25051	11.82617	85
84	5	11.43005	11.05943	10.71191	10.38540	10.07803	9.78817	84
83	6	9.51436	9.25530	9.00983	8.77689	8.55555	8.34496	83
82	7	8.14435	7.95302	7.77035	7.59575	7.42871	7.26873	82
81	8	7.11537	6.96823	6.82694	6.69116	6.56055	6.43484	81
80	9	6.31375	6.19703	6.08444	5.97576	5.87080	5.76937	80
79	10	5.67128	5.57638	5.48451	5.39552	5.30928	5.22566	79
78	11	5.14455	5.06584	4.98940	4.91516	4.84300	4.77286	78
77	12	4.70463	4.63825	4.57363	4.51071	4.44942	4.38969	77
76	13	4.33148	4.27471	4.21933	4.16530	4.11256	4.06107	76
75	14	4.01078	3.96165	3.91364	3.86671	3.82083	3.77595	75
74	15	3.73205	3.68909	3.64705	3.60588	3.56557	3.52609	74
73	16	3.48741	3.44951	3.41236	3.37594	3.34023	3.30521	73
72	17	3.27085	3.23714	3.20406	3.17150	3.13972	3.10842	72
71	18	3.07768	3.04749	3.01783	2.98869	2.96004	2.93189	71
70	19	2.90421	2.87700	2.85023	2.82391	2.79802	2.77254	70
69	20	2.74748	2.72281	2.69853	2.67462	2.65109	2.62791	69
68	21	2.60509	2.58261	2.56046	2.53865	2.51715	2.49597	68
67	22	2.47509	2.45451	2.43422	2.41421	2.39449	2.37504	67
66	23	2.35585	2.33693	2.31826	2.29684	2.28167	2.26374	66
65	24	2.24604	2.22857	2.21132	2.19430	2.17749	2.16090	65
64	25	2.14451	2.12832	2.11232	2.09654	2.08094	2.06553	64
63	26	2.05030	2.03526	2.02039	2.00569	1.99116	1.97680	63
62	27	1.96261	1.94858	1.93470	1.92098	1.90741	1.89400	62
61	28	1.88073	1.86760	1.85462	1.84177	1.82906	1.81649	61
60	29	1.80405	1.79174	1.77955	1.76749	1.75556	1.74375	60
59	30	1.73205	1.72047	1.70901	1.69766	1.68643	1.67530	59
58	31	1.66428	1.65337	1.64256	1.63185	1.62125	1.61074	58
57	32	1.60033	1.59002	1.57981	1.56969	1.55966	1.54972	57
56	33	1.53987	1.53010	1.52043	1.51084	1.50133	1.49190	56
55	34	1.48256	1.47330	1.46411	1.45501	1.44598	1.43703	55
54	35	1.42815	1.41934	1.41061	1.40195	1.39336	1.38484	54
53	36	1.37638	1.36800	1.35968	1.35142	1.34323	1.33511	53
52	37	1.32704	1.31904	1.31110	1.30323	1.29541	1.28764	52
51	38	1.27994	1.27230	1.26471	1.25717	1.24969	1.24227	51
50	39	1.23490	1.22758	1.22031	1.21310	1.20593	1.19882	50
49	40	1.19175	1.18474	1.17777	1.17085	1.16398	1.15715	49
48	41	1.15037	1.14363	1.13694	1.13029	1.12369	1.11713	48
47	42	1.11061	1.10414	1.09770	1.09131	1.08496	1.07864	47
46	43	1.07237	1.06613	1.05994	1.05378	1.04766	1.04158	46
45	44	1.03553	1.02952	1.02355	1.01761	1.01170	1.00583	45
44	45	1.00000						44
GRADOS		60'	50'	40'	30'	20'	10'	GRADOS
		TANGENTES						

76 Léxico

Contrataladro
Taladrado de una pieza utilizando otra como calibre-guía para el agujero (§ 35.21).

Coplanario
En un mismo plano (§ 64.432).

Cualitativo
Que se refiere a la calidad, a la naturaleza (§ 16.1).

Cuantitativo
Que se refiere a la cantidad, aquello que puede medirse y contarse (§ 16.3).

Curva alabeada
Curva cuyos puntos no están todos en un mismo plano (§ 62.41).

Diedro
Figura formada por dos planos limitados en su intersección (§ 64.2 y 64.631).

Galvánico (par)
Dos metales de distinta naturaleza en contacto con un electrolito (ácido, básico o salino) dan lugar a fenómenos electrolíticos, concretamente la destrucción con el tiempo de una de las piezas (§ 28.34).

Lugar geométrico
Figura formada por el conjunto de puntos que poseen una misma propiedad (§ 62.11, 62.21, 62.31 y 68.2).

Normal
Recta perpendicular. En el caso del apartado 62.51, recta perpendicular a la tangente en un punto de la curva.

Ortogonal
Que forma ángulos rectos (§ 64.3 y 64.432).

Proyección oblicua
La proyección oblicua de un punto M sobre un plano P, paralelamente a una dirección dada Δ, es el punto de intersección de la paralela trazada por M a Δ con el plano P (§ 10.21).

Proyección ortogonal
La proyección ortogonal de un punto M sobre un plano P es el pie m_1 de la perpendicular trazada por M a P (§ 10.31 y 64.3).

Proyectante
Recta que contiene un punto M y su proyección (§ 10.21).

Recta
Imagen de un hilo tenso. Salvo indicación en contra (semirrectas, segmento de recta) una recta se considera siempre ilimitada (§ 64.4).

Segmento de recta
Siendo una recta por definición ilimitada, un segmento de recta es la parte de recta comprendida entre dos de sus puntos (§ 60.21).

Vertical (plano)
Plano principal de proyección situado frente al observador supuesto éste de pie en el plano horizontal, y perpendicular a dicho plano (§ 64.2).

Ver también el vocabulario de las formas básicas de una pieza (capítulo 11).

...OMPOSICIÓN, DISEÑO E IMPRESIÓN DE ESTA OBRA FUERON REALIZADOS
BAJO LA SUPERVISIÓN DE GRUPO NORIEGA EDITORES.
BALDERAS 95, COL. CENTRO. MÉXICO, D.F. C.P. 06040
0233887000605503DP9209IE